



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RK 0502**

**PABRIK ASAM SITRAT DARI MOLLASES DENGAN MENGGUNAKAN  
PROSES SUBMERGERED FERMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN  
BAKTERI *ASPERGILLUS NIGER***

ARIES SLAMET PAMUDJI  
NRP 2306 030 005

SURYA RACHMADANI  
NRP 2306 030 063

Dosen Pembimbing  
Ir. BUDI SETIAWAN, MT

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2009

**FINAL PROJECT RK 0502**

# **Citric Acid Plant From Molases Used Sub Mergered Fermentation Process With Aspergillus Niger Bactery**

**ARIES SLAMET PAMUDJI**  
NRP. 2306 030 005

**SURYA RACHMADANI**  
NRP. 2306 030 063

Supervisor  
Ir. Budi Setiawan, MT

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING  
Industry Technology Faculty  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2009

# **Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses Submerged dengan menggunakan Bakteri *Aspergillus Niger***

**Nama / NRP** : Aries Slamet P. NRP. 2306 030 005  
Surya Rachmadani NRP. 2306 030 063  
**Progam Studi** : DIII Teknik Kimia FTI – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Budi Setiawan, MT

## ***Abstrak***

*Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang ditemukan pada daun dan buah tumbuhan genus Citrus (jeruk – jeruk). Senyawa ini merupakan bahan pengawet yang baik dan alami, selain digunakan sebagai penambah rasa masam pada makanan dan minuman ringan. Dalam biokimia, asam sitrat dikenal sebagai senyawa antara dalam siklus asam sitrat, yang penting dalam metabolisme makhluk hidup, sehingga ditemukan pada hampir semua makhluk hidup. Zat ini juga dapat digunakan sebagai zat pembersih yang ramah lingkungan sebagai antioksidan.*

*Perancangan pabrik asam sitrat ini direncanakan dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Bahan baku utama yang digunakan adalah molases. Sedangkan proses yang dipilih adalah proses submerged fermentation. Proses ini dipilih karena pada segi operasional yang mudah dan modal yang relatif kecil dibandingkan dengan proses yang lain, bersistem operasi semi-kontinyu. Proses pembuatan asam sitrat dengan proses submerged fermentasi ini melalui beberapa tahap yaitu tahap pembiakan jamur, fermentasi, precipitasi, acidulasi, decolorisasi, dan kristalisasi.*

*Perancangan operasi pabrik asam sitrat berlokasi di Mojokerto, Jawa Timur. Pabrik ini beroperasi selama 330 hari kerja dengan 24 jam operasi, Bahan baku molasses yang digunakan sebanyak 8041,828 kg/jam, utilitas yang dibutuhkan sebanyak 323.648,459 kg/jam, steam yang dibutuhkan 33.149,49 kg/jam.*

***Kata Kunci:*** Asam Sitrat, Molasses, Sub merged fermentasi

## **Citric Acid Plant from Molasses Used Sub Merged Process With *Aspergillum's Niger Bactery***

**Name / NRP** : Aries Slamet P. NRP. 2306 030 005  
Surya Rachmadani NRP. 2306 030 063  
**Department** : DIII Teknik Kimia FTI – ITS  
**Supervisor** : Ir. Budi Setiawan, MT

### ***Abstract***

*Citric acid is a weak organic acid compound, to be found at leaf and fruit in citrus plant. This compound is a natural preservative, and used as an acid taste at food and soft drink. In biochemistry, citric acid is important as an intermediate in the citric acid cycle and as a metabolism of virtually all living organism. Citric acid can also be used as an environmentally benign cleaning agent, functioned as of antioxidants.*

*Citric acid plant is planned at a capacity of 30.000 ton/year. Molasses is used as raw material for submerged fermentation. Submerged fermentation process is selected because easy and relative minimum cost, if compared to other processes, Operating system used semi-continue. The submerged fermentation process has several phases, such as mold seeding, fermentation, precipitation, acidulation, decolorization, and crystallization.*

*The citric acid plant is located in Mojokerto, East Java. This plant is during operated 330 workday/years. The used raw material 8041,828 kg/hour molasses, the required utility is 323.684,459 kg/hour waters process, 33.149,49 kg/hour steam.*

**Key Word:** *Citric Acid, Molasses, Sub Merged Fermentation*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, yang Maha Pengasih dan Pemberi Rizki bagi tiap umatnya yang dikasihi atas segala, berkat dan kekuatan yang telah diberikan kepada kami untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

***“Pabrik Asam Sitrat Dari Mollases Menggunakan Proses SubMergered Dengan Menggunakan Bakteri Aspergillus Niger“***

Dengan berakhirnya tugas akhir ini salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa D3 Teknik Kimia FTI – ITS telah kami penuhi, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa- jasa lain yang tidak bisa untuk diungkapkan
2. Bapak Ir. Budi Setiawan, MT, selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Kimia FTI – ITS.
3. Bapak Ir. Budi Setiawan, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Ibu Dr.Ir. Niniek Fajar P, M.Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Imam Syafril dan Ir. Elly Agustiani, M. Eng selaku Dosen Penguji
6. Segenap para karyawan dan rekan mahasiswa yang turut meyumbang dan membantu demi terselesainya Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu dengan menyadari keterbatasan kemampuan yang kami miliki dalam penyusunan ini kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukannya.

Surabaya, Juli 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>
I.1	Latar Belakang.....I-1
I.2	Dasar Teori.....I-6
I.3	Penggunaan Asam Sitrat dalam Industri.....I-8
I.4	Sifat – sifat Bahan.....I-9
I.4.1	Sifat Bahan Baku.....I-9
I.4.2	Sifat Bahan Pembantu.....I-9
I.4.3	Sifat Produk Utama.....I-11
<b>BAB II</b>	<b>MACAM DAN URAIAN PROSES</b>
II.1	Macam – macam Proses.....II-1
II.1.1	Proses Surface.....II-2
II.1.2	Proses Submerged.....II-4
II.2	Seleksi Proses.....II-6
II.3	Uraian Proses Terpilih.....II-8
<b>BAB III</b>	<b>NERACA MASSA.....III-1</b>
<b>BAB IV</b>	<b>NERACA PANAS.....IV-1</b>
<b>BAB V</b>	<b>SPESIFIKASI ALAT.....V-1</b>
<b>BAB VI</b>	<b>UTILITAS.....VI-1</b>
VI.1	Unit Penyediaan Air.....VI-1
VI.2	Unit Penyediaan Air Pendingin.....VI-3
VI.2	Unit Penyediaan Steam.....VI-4
<b>BAB VII</b>	<b>KESELAMATAN DAN KESEHATAN</b>
	<b>KERJA.....VII-1</b>
VII.1	Tujuan K3.....VII-1
VII.2	Penyebab Kecelakaan Kerja.....VII-1
VII.3	Usaha K3 dan Keselamatan Pabrik.....VII-2

BAB VIII	INSTRUMENTASI.....	VIII-1
BAB IX	PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA.....	IX-1
IX.1	Jenis-jenis Limbah.....	IX-1
IX.2	Pengolahan Limbah.....	IX-2
BAB X	Kesimpulan.....	X-1
DAFTAR NOTASI.....		viii
DAFTAR PUSTAKA.....		ix
LAMPIRAN		
APPENDIKS A	Perhitungan Neraca Massa.....	A-1
APPENDIKS B	Perhitungan Neraca Panas.....	B-1
APPENDIKS C	Perhitungan Spesifikasi Alat.....	C-1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	I.1	Siklus Asam Sitrat pada Hewan dan Tumbuhan.....	I-7
Gambar	II.1	Blok diagram Asam Sitrat dengan Metode Surface.....	II-4
Gambar	II.2	Blok diagram Asam Sitrat dengan Metode Submerged.....	II-6



## DAFTAR TABEL

Tabel	I-1.	Produksi asam sitrat di Indonesia 1998-2004...	I-4
Tabel	I-2.	Konsumsi asam sitrat di Indonesia 1998-2004.	I-4
Tabel	I-3.	Ekspor asam sitrat di Indonesia 1998-2004	I-8
Tabel	I-4.	Impor asam sitrat di Indonesia 1998-2004	I-8
Tabel	I-5.	kandungan asam sitrat dalam buah- buahan ....	I-6
Tabel	I-6.	Komposisi Tetes Tebu .....	I-9
Tabel	I-7.	Sifat Fisik Asam Sitrat.....	I-12
Tabel	II-1.	Perbandingan proses surface dan submerged. ..	II-7
Tabel	II.2	Kandung komposisi media pembibitan .....	II-9
Tabel	VI.1.	Kebutuhan Air Sanitasi.....	VI-3
Tabel	VI.2.	Kebutuhan Air Pendingin .....	VI-4
Tabel	VI.3.	Kebutuhan Steam.....	VI-4
Tabel	VI.4.	Total Air yang harus disuplai .....	VI-4

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 25 Juni 1987. Penulis merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuhnya yaitu di TK Alhidayah Surabaya, SDN Kebonsari I Surabaya, SLTP Negeri 21 Surabaya, SMA Bhayangkari I Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2006, Penulis melanjutkan studinya di Program Studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP. 2306 030 005.

Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan ekstrakurikuler dan aktif di beberapa kepanitiaan kegiatan yang diadakan baik tingkat jurusan (Himpunan) maupun tingkat Institut (BEM ITS). Selain itu, banyak pula jenis pelatihan yang pernah diikutinya selama menjadi mahasiswa di lingkungan ITS.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 22 mei 1988. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuhnya yaitu di TK Widya Adi Putra Surabaya, SDN Airlangga V Surabaya, SLTP Negeri 29 Surabaya, SMAN 4 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Penulis melanjutkan studinya di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP. 2306 030 063.

Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan ekstrakurikuler dan aktif di beberapa kepanitiaan kegiatan yang diadakan baik tingkat jurusan ( Himpunan ) maupun tingkat Institut ( BEM ITS ). Selain itu, banyak pula jenis pelatihan yang pernah diikutinya selama menjadi mahasiswa di lingkungan ITS.

---

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Awalnya asam sitrat diperoleh dalam bentuk kristal melalui proses isolasi dari juice lemon oleh Scheele pada tahun 1784. Lalu pada tahun 1880 Grimoux dan Adam mensintesis asam sitrat dari glycerol. Dan pada tahun 1893 Wehmer mengindikasikan bahwa asam sitrat dapat diperoleh melalui proses fermentasi larutan gula oleh beberapa jenis fungi. Hingga kini proses produksi komersial asam sitrat diperoleh melalui proses fermentasi.

(Othmer, K., "Encyclopedia of Chemical Technology", 3<sup>rd</sup> ed. vol 6, p. 150)

Produksi asam sitrat secara komersial pertama kali dimulai pada tahun 1923 di New York, Amerika Serikat menggunakan mikroorganisme dengan proses fermentasi pada kultur permukaan (*surface culture*). Proses ini digunakan oleh industri asam sitrat di Inggris, Belgia dan Jerman dengan molasses sebagai bahan bakunya. Dan pada akhir tahun 1940-an dan 1950-an diperkenalkan proses fermentasi dengan kultur terendam (*submerged fermentation*), dengan sirup glukosa, beet atau cane molasses sebagai bahan bakunya.

(Blanch, H. W., "Biochemical Engineering", p. 610)

Asam sitrat digunakan oleh banyak industri di dunia sebagai bahan baku produksi seperti industri makanan, minuman, farmasi, kosmetik, dan lain-lain. Berdasarkan kenyataan bahwa penggunaan asam sitrat yang luas dalam dunia industri, maka kebutuhan pemenuhan bagi asam sitrat baik di dalam maupun luar negeri masih sangat besar.

## ***Bab I Pendahuluan***

---

Dari berbagai macam bahan baku yang dapat digunakan dalam proses produksi asam sitrat, maka digunakan tetes tebu (*cane molasses*) sebagai bahan baku proses produksi asam sitrat. Pemilihan ini didasarkan bahwa ketersediaan tetes tebu sebagai bahan baku sangat besar di Indonesia. Selain itu, dibandingkan bahan baku lain yang dapat digunakan sebagai asam sitrat, tetes tebu memiliki nilai ekonomis yang lebih baik. Hal lain yang menjadi dasar pertimbangan pemilihan tetes tebu adalah untuk memanfaatkan produk samping dari pabrik gula ini menjadi produk dengan nilai ekonomis yang lebih baik, sekaligus juga diversifikasi produk dari tetes, sebab selama ini tetes tebu telah dimanfaatkan dalam pembuatan alkohol, MSG, pupuk, dan lain-lain.

Dalam berbagai industri asam sitrat banyak dibutuhkan sebagai bahan baku, misalnya dalam industri makanan, minuman, farmasi, kosmetik, pewangi, dan lain – lain.

Berikut ini komposisi penggunaan asam sitrat secara umum :

- |                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 1. Industri makanan dan minuman | 75 % |
| 2. Farmasi                      | 10 % |
| 3. Industri lainnya             | 15 % |

(Shuler, “ *Bioprocess Engineering*”, p. 524)

- **Minuman**

Asam sitrat digunakan secara extensive dalam industri minuman untuk memberikan rasa asam pada minuman dan sebagai komplemen pada rasa berry pada minuman. Pada minuman yang tidak berkarbonisasi asam sitrat dapat memberikan pH yang beragam pada minuman, selain itu asam sitrat pada minuman jus buah merupakan komponen alami yang tercampur secara baik dengan aroma dari minuman tersebut. Untuk minuman berkarbonisasi asam sitrat digunakan sebagai adiculant atau penguat rasa.

***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

- Jeli dan selai  
Asam sitrat digunakan sebagai pemberi rasa asam pada jeli dan selai serta digunakan untuk menyesuaikan pH.
- Kembang Gula  
Asam sitrat digunakan untuk memberikan rasa asam dan meminimalkan inversi sukrosa pada produk kembang gula.
- Makanan Beku  
Asam sitrat digunakan sebagai chelating agent dan pengatur pH sehingga memungkinkan pengoptimalan kestabilan dari makanan beku dengan meniadakan aktivitas antioksidan dan menon-aktifkan enzim.
- Farmasi  
Asam sitrat digunakan sebagai bahan dasar tablet effervescence, dimana asam sitrat bila bereaksi dengan zat yang mengandung bikarbonat atau karbonat dalam air akan membentuk gas karbondioksida dan garam dari asam tersebut. Selain itu asam sitrat digunakan sebagai buffering agent dan pemberi rasa asam pada obat-obatan.
- Kosmetik dan Pewangi  
Dalam industri ini asam sitrat digunakan sebagai pengatur pH dan sebagai antioksidan pada metallic-ion chelator.
- Industri Lainnya  
Untuk industri-industri lainnya asam sitrat digunakan untuk industri detergen, agrikultur, fotografi, tekstil, kertas dan lain sebagainya. Selain itu dalam industri asam sitrat dapat digunakan sebagai pembersih metal dan pengabsorpsi sulfur dioxide dan dapat digunakan pula dalam proses treatment pada limbah.

(Othmer, K., "Encyclopedia of Chemical Technology", 3<sup>rd</sup> ed. vol 6, p. 163-168)

---

### ***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## Kapasitas Produksi Asam Sitrat

Tabel 1.1 Produksi asam sitrat di Indonesia 1998-2004

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (ton)</b>	<b>Perkembangan (%)</b>
2002	8593	4,153
2003	9191	6,959
2004	9191	0
2005	10786	15,95
2006	11924	11,38
2007	12537	6,8
<b>Perkembangan rata-rata</b>	10370	7,4

Data : BPS ISIC 241190301

Tabel 1.2 Konsumsi asam sitrat di Indonesia 1998-2004

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (ton)</b>	<b>Perkembangan (%)</b>
2002	9534,36	6,783
2003	11493,35	20,547
2004	13338,17	16,051
2005	16309,49	29,71
2006	18529,39	22,20
2007	21014,49	24,85
<b>Perkembangan rata-rata</b>	15.319,85	20,02

Data : BPS ISIC 241190301

Tabel 1.3 Ekspor asam sitrat di Indonesia 1998-2004

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (ton)</b>	<b>Perkembangan (%)</b>
2002	3951,35	29,939
2003	3945,57	-0,146

*Laporan Tugas Akhir*

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab I Pendahuluan**

2004	3784	-4,095
2005	3587,6	-1,96
2006	3436,06	-1,51
2007	3339,78	-0,96
<b>Perkembangan rata-rata</b>	3674,06	3,54

Data : BPS HS 291814000

Tabel 1.4 Impor asam sitrat di Indonesia 1998-2004

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (ton)</b>	<b>Perkembangan (%)</b>
2002	4892,71	31,552
2003	6247,92	27,699
2004	7931,17	26,941
2005	12394,42	44,63
2006	15442,30	30,48
2007	17329,21	18,87
<b>Perkembangan rata-rata</b>	10706,29	30,03

Data : BPS HS 291814000

**Lokasi Pabrik**

Lokasi pabrik asam sitrat direncanakan berdiri di daerah Mojokerto, Jawa Timur, dimana di daerah ini banyak terdapat pabrik gula seperti PG Gempol Kerep, PG Watoe Toelis dan PG Jombang Baru. Hal ini didasarkan bahwa latar belakang pendirian pabrik asam sitrat adalah merupakan diversifikasi produk yang berbahan baku molasses. Selain itu juga Mojokerto memiliki fasilitas transportasi yang cukup bagus, dan dekat dengan pelabuhan laut Tanjung Perak Surabaya. Sistem utilitas utama yang digunakan yaitu air sungai diperoleh dari sumber-sumber air

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

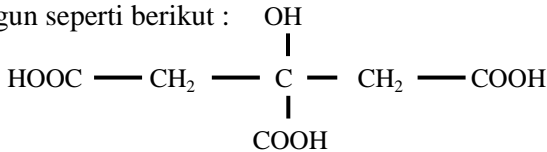


di Mojokerto terutama Sungai Brantas, sementara kebutuhan listrik diperoleh dari PLN.

## I.2 Dasar Teori

### I.2.1 Asam Sitrat

Asam sitrat termasuk salah satu asam organik bergugus *tricarboxylic acid*, menurut tata nama IUPAC asam sitrat memiliki nama kimia *2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid*, dan juga dikenal sebagai  *$\beta$ -hydroxytricarballic acid* memiliki rumus bangun seperti berikut :



(Ulman's, "Encyclopede Of Chemical Engineering", 2002)

Buah *Citrus* mengandung asam sitrat dengan kuantitas besar, 5% sampai 9% dalam buah – buahan, dan beberapa buah lainnya. Kandungan asam sitrat (dalam mg/100ml) dari beberapa buah – buahan terdapat dalam tabel dibawah ini :

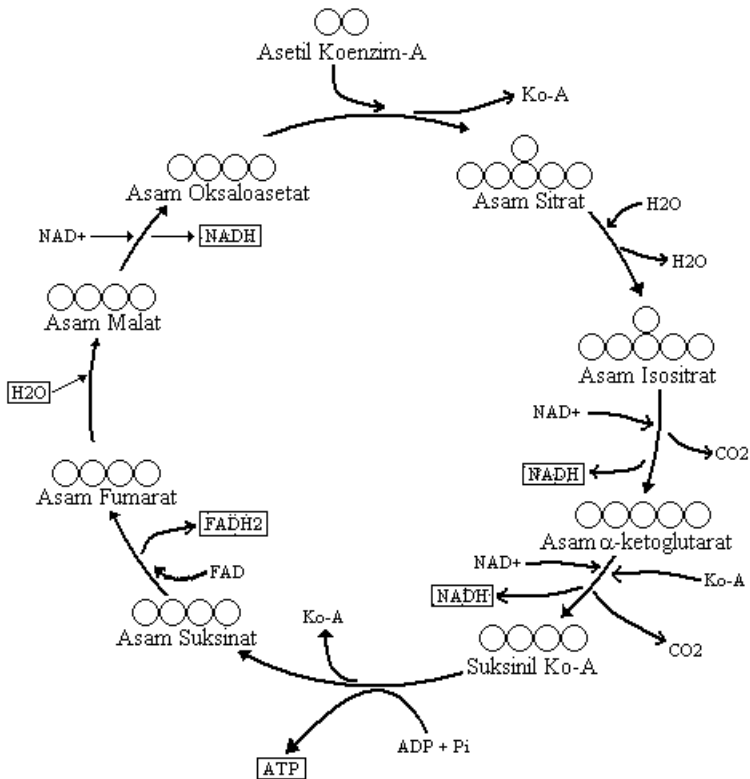
Tabel 1.5 kandungan asam sitrat dalam buah- buahan

Jenis Buah – buahan	Kandungan Asam Sitrat (mg/100ml)
Jeruk nipis	7000
Lemon	5630
Raspberry	2480
Anggur	1170
Tomat	1018
Nanas	605
Strawberry	580
Cranberry	202
Apel	14

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

Sebagai tambahan asam sitrat juga ditemukan pada seluruh spesies tumbuhan dan hewan. Siklus asam sitrat juga diketahui pada siklus Krebs atau siklus tricarboxylic acid, siklus ini mengoksidasi gula dan asam asetat menjadi karbondioksida dan air, melepaskan energi untuk fungsi fisiologis



Gambar 1. Siklus Asam Sitrat pada Tumbuhan dan Hewan

### **Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## ***Bab I Pendahuluan***

---

### **I.3. Kegunaan**

Penggunaan utama asam sitrat saat ini adalah sebagai zat pemberi cita rasa dan pengawet makanan dan minuman, terutama minuman ringan. Kode asam sitrat sebagai zat aditif makanan ( E number ) adalah E330. Garam sitrat dengan berbagai jenis logam digunakan untuk menyediakan logam tersebut (sebagai bentuk biologis) dalam banyak suplemen makanan. Sifat sitrat sebagai larutan penyangga digunakan sebagai pengendali pH dalam larutan pembersih dalam rumah tangga dan obat-obatan.

Kemampuan asam sitrat untuk meng-kelat logam menjadikannya berguna sebagai bahan sabun dan deterjen. Dengan meng-kelat logam pada air sadah, asam sitrat memungkinkan sabun dan deterjen membentuk busa dan berfungsi dengan baik tanpa penambahan zat penghilang kesadahan. Demikian pula, asam sitrat digunakan untuk memulihkan bahan penukar ion yang digunakan pada alat penghilang kesadahan dengan menghilangkan ion-ion logam yang terakumulasi pada bahan penukar ion tersebut sebagai kompleks sitrat.

Asam sitrat digunakan di dalam industri bioteknologi dan obat-obatan untuk melapisi (passivate) pipa mesin dalam proses kemurnian tinggi sebagai ganti asam nitrat, karena asam nitrat dapat menjadi zat berbahaya setelah digunakan untuk keperluan tersebut, sementara asam sitrat tidak. Asam sitrat dapat pula ditambahkan pada es krim untuk menjaga terpisahnya gelembung-gelembung lemak.

([Wikipedia.com/asam sitrat](http://Wikipedia.com/asam_sitrat))

---

***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

---

## **I.4 Sifat Fisik dan Kimia**

### **I.4.1 Bahan Baku Utama**

#### **Molases (Tetes Tebu)**

Komposisi tetes tebu sebagai bahan utama pembuatan asam sitrat adalah sebagai berikut :

Tabel I.6 Komposisi Tetes Tebu

Sukrosa	33.10%
Fruktosa	12.76%
Glukosa	9.4%
Air	23.82%
Abu	11.58%
Impuritis	9.34%

(PG.Krebet Baru II, Malang)

Penambahan panas disertai dengan penambahan zat-zat kimia dalam tetes tebu dapat menyebabkan koagulasi dan flokulasi. Pada proses pembuatan asam sitrat, tetes tebu selain sebagai bahan baku juga sebagai tempat pembiakan *Aspergillus niger*.

### **I.4.2 Bahan Baku Pendukung**

#### ***Aspergillus niger***

Banyak jenis mikroba yang dapat digunakan dalam pembuatan asam sitrat, diantaranya *A. niger*, *A. wentii*, *A. ciavatus*, *Penicillum luteum*. Diantara semuanya, *A. niger* merupakan galur yang paling produktif. *A. niger* termasuk salah satu jenis kapang. Berbeda dengan bakteri dan khamir, kapang adalah multiseluler, terdiri dari banyak sel yang bergabung menjadi satu. Melalui mikroskop dapat dilihat bahwa kapang terdiri dari benang yang disebut hifa. Kumpulan dari hifa disebut miselium. Kapang tumbuh dengan cara memperpanjang hifa pada ujungnya. Kapang dapat berwarna hitam, putih atau lainnya.

#### ***Laporan Tugas Akhir***

---

## ***Bab I Pendahuluan***

Secara biokimia kapang bersifat aktif karena merupakan organisme saprofit. Organisme ini dapat menguraikan bahan-bahan organik kompleks menjadi bahan yang lebih sederhana.

### **Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )**

Asam sulfat digunakan untuk mengatur pH molases pada tangki pencampuran dan sterilisasi serta mengubah endapan kalsium sitrat menjadi asam sitrat pada tangki acidulator. Sifat-sifat fisik asam sulfat adalah :

- Korosif dan reaktif
- Tidak berwarna atau berwarna coklat tua
- Larut dalam air
- Berat Molekul = 98
- Spesifik gravity = 1,84
- Titik leleh = 10,4 °C
- Titik didih = 315 – 338 °C

### **Lime ( $\text{Ca(OH)}_2$ )**

Bersifat lunak, berupa bubuk kristal putih, larut dalam air, gliserida dan asam, tidak larut dalam alkohol serta menyerap  $\text{CO}_2$  dari udara. Kegunaan dari lime ini untuk menetralkan cairan asam sitrat menjadi kalsium sitrat agar dapat dipisahkan dari hasil samping yang terbentuk. Sifat fisika dari lime adalah sebagai berikut :

- Spesifik gravity = 2,34
- Titik lebur = 540 °C
- Kelarutan (0 °C) = 0.185
- (100 °C) = 0,077

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### **I.4.3 Produk**

#### **1.4.3.1 Produk Utama**

##### **Asam Sitrat**

Beberapa sifat kimia asam sitrat adalah :

- Pada pemanasan 175°C, asam sitrat berubah menjadi aconitic acid. Aconitic acid jika ditambah dengan hydrogen berubah menjadi tricarballic acid.
- Pada pemanasan 175°C, asam sitrat jika dieliminasi dengan oksigen dan menghilangkan karbon dioksida berubah menjadi acetonedicarboxylic acid. Acetonedicarboxylic acid jika diuapkan karbon dioksidanya berubah menjadi acetone.
- Pada pemanasan 175°C, asam sitrat jika dihilangkan karbon dioksida berubah menjadi itaconic acid.
- Larutan asam sitrat bila dicampur dengan asam sulfat atau oksidasi dengan larutan potassium permanganate menghasilkan asam acetonedicarboxylic.
- Pada suhu 35°C, jika asam sitrat dioksidasi dengan potassium permanganate menghasilkan asam oksalat.
- Asam sitrat terdekomposisi menjadi asam oksalat dan asam asetat jika dibakar dengan potassium hydroxide atau dioksidasi dengan asam nitrit.
- Dalam bentuk larutan, asam sitrat sedikit korosif terhadap karbon steel dan tidak korosif terhadap stainless steel.
- Sebagai asam polybasic, asam sitrat dapat membentuk berbagai macam garam termasuk garam alkali metal dan alkali tanah, selain itu dapat pula membentuk berbagai macam ester, amida dan acyl klorida.

(Othmer, K., "Encyclopedia of Chemical Technology", 3<sup>rd</sup> ed. vol 6, p. 152-153)

---

#### **Laporan Tugas Akhir**

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## Bab I Pendahuluan

Sifat Fisik Asam Sitrat adalah sebagai berikut :

Tabel I.7 Sifat Fisik Asam Sitrat

PARAMETER	ANHYDROUS	MONOHYDRATE
Rumus molekul	$C_6H_8O_7$	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Berat molekul	192,12	210,14
Bentuk	Kristal tak berwarna	Kristal tak berwarna
Specific gravity	1,665 (20°C)	1,542 (20°C)
Melting point	153°C	70-75°C
Boiling point	Terdekomposisi pada 175°C	Terdekomposisi pada 175°C
Proses pembentukan	Kristalisasi dari larutan panas (>36,6°C)	Kristalisasi dari larutan dingin (<36,6°C)
Kelarutan	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene
Kelarutan di air pd 30°C 70°C	64,3%	64,3%
	76,2%	76,2%
Struktur kristal	Orthorombic	Orthorombic
Panas pembakaran	468,5 kcal/mol	466,6 kcal/mol

(Othmer, K., "Encyclopedia of Chemical Technology", 3<sup>rd</sup> ed. vol 6, p. 150-151) & (Faith, K., "Industrial Chemicals", p. 278)

### Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

---

## **BAB II**

### **MACAM DAN URAIAN PROSES**

Ada beberapa macam proses pembuatan Asam Sitrat yang biasa dilakukan. Pada dasarnya semua proses adalah sama, yang membedakan adalah bahan baku, media perkembangan bakteri dan jenis proses fermentasi yang dipakai. Untuk mendapatkan proses yang optimal dalam hal teknis dan ekonomis perlu dilakukan pemilihan dari beberapa macam proses yang ada.

#### **II.1. Macam Proses**

Proses pembuatan asam sitrat pertama kali dilakukan dengan fermentasi dari perasan buah-buahan yang memiliki rasa asam dengan metode Scheele (1784) dan dihasilkan asam sitrat alami. Dengan ditemukannya *A. niger* dan bahan baku yang lebih bervariasi (cane molasses, beet molasses, singkong, dll) maka proses pembuatan asam sitrat semakin berkembang. Proses pembuatan asam sitrat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Proses Surface

Menurut media yang digunakan untuk mengembangkan jamur, proses ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Proses surface dengan menggunakan media padat
- Proses surface dengan menggunakan media cair

2. Proses Submerged

Menurut fermentor yang digunakan, proses ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Proses submerged dengan menggunakan reaktor stirred
- Proses submerged dengan menggunakan reaktor airlift

(Crueger, W., "Biotechnology", p. 116)



## **BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES**

---

### **II.1.1 Proses Surface**

#### **a. Proses surface dengan menggunakan media padat**

Proses ini surface dengan menggunakan media padat dilakukan dengan menggunakan media padat dari tepung gandum atau pulp dari kentang. Pada proses ini, mikroba kurang sensitif terhadap tingginya konsentrasi mineral mikro.

Mula-mula pH bahan diturunkan menjadi 4-5. Setelah disterilisasi, bahan disebarkan diatas baki setebal 3 sampai 5 cm dan diinokulasi dengan spora/jamur *A. niger*. Fermentasi ini dilangsungkan pada suhu 28 °C selama 5-8 hari. Meskipun *A. niger* dapat menghasilkan amilase untuk menghidrolisa pati gandum, namun penambahan amilase dari luar dapat mempercepat pertumbuhan jamur. Asam sitrat yang dihasilkan diekstraksi dengan air panas.

(Crueger, W., “*Biotechnology*”, p. 116)

#### **b. Proses surface dengan menggunakan media cair**

Fermentasi ini menggunakan media cair pada tempat yang tidak terlalu dalam, sehingga memperluas bidang kontak antara media dengan oksigen di udara.

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah molasses, dimana setelah diformulasi (penambahan mineral makro dan pengaturan konsentrasi mineral mikro), media disterilkan. Kemudian disebarkan didalam tempat yang lebar. Media tersebut diinokulasi dengan spora kering ( $2 - 5 \times 10^7$  spora per m<sup>2</sup>) atau dengan suspensi spora. Fermentasi dilangsungkan pada suhu 30 °C selama 8 sampai 14 hari. Pemberian aliran udara didalam tempat fermentasi dibutuhkan agar tidak terjadi penimbunan gas karbon dioksida. Karena pada kadar karbon dioksida > 10%, produksi asam sitrat akan berkurang. Proses ini dapat menghasilkan 1,2 - 1,5 kg asam sitrat monohidrat tiap m<sup>2</sup> permukaan media per hari.

---

*Laporan Tugas Akhir*

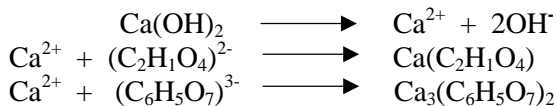
---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molasses Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

---

Tahap selanjutnya adalah proses pemanenan dan pemurnian hasil. Mula-mula dilakukan pemisahan bagian cair dari bagian padat dengan cara pencucian atau pemerasan miselium dengan cara filtrasi. Larutan yang dihasilkan ditambah dengan garam kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), yang akan menyebabkan asam oksalat (*by-product*) mengendap sebagai kalsium oksalat, dan dengan penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang berlebih menyebabkan asam sitrat bergabung dengan ion  $\text{Ca}^{2+}$  membentuk kalsium sitrat yang mengendap. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Selanjutnya kalsium sitrat yang mengendap dipisahkan secara filtrasi. Pemurnian selanjutnya adalah dengan menambahkan asam sulfat sehingga asam sitrat terlarut lagi dan terbentuk endapan kalsium sulfat. Larutan yang mengandung asam sitrat tersebut dimurnikan dengan menggunakan karbon aktif. Terakhir adalah kristalisasi pada suhu diatas  $40^\circ\text{C}$  untuk membentuk asam sitrat anhidrat atau suhu dibawah  $37^\circ\text{C}$  untuk membentuk asam sitrat monohidrat.

Pada proses ini, media untuk fermentasi tidak boleh mengandung besi terlalu banyak, karena dapat menaikkan hasil samping pada proses fermentasi dan menyebabkan pembentukan pigmen kuning yang sulit dihilangkan pada waktu proses pemurnian hasil.

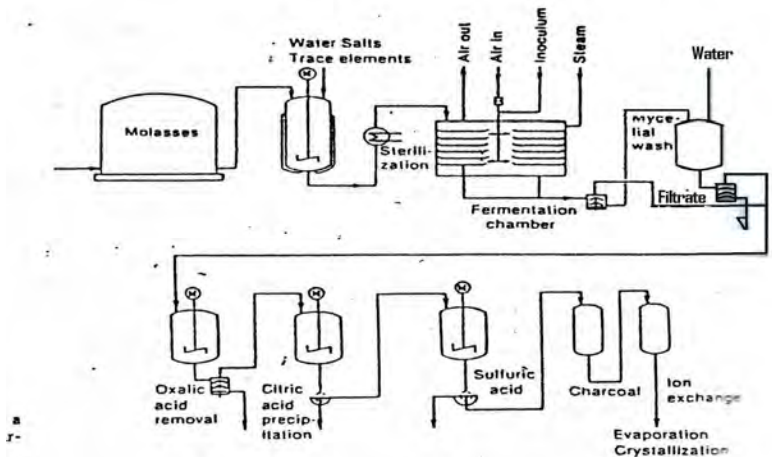
Proses ini relatif sederhana, namun metode ini masih banyak dipakai karena investasinya relatif kecil dan biaya operasi relatif murah. Akan tetapi cara ini membutuhkan banyak tenaga kerja. Lebih kurang 20% dari kebutuhan dunia akan asam sitrat berasal dari produksi dengan metode ini dan tingkat produksi ini menduduki posisi kedua setelah proses kultur terendam (*submerged*).

(Crueger, W., "Biotechnology", p. 117)

### **Laporan Tugas Akhir**

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*



Gambar II.1 Blok diagram Asam Sitrat dengan Metode Surface

### II.1.2 Proses Submerged

Saat ini, sebagian besar (80%) produksi asam sitrat di dunia berasal dari proses submerged (kultur terendam). Pada proses ini ada tiga faktor yang akan mempengaruhi produksi, yaitu :

1. Kualitas bahan yang digunakan untuk pembuatan fermentor

Fermentor untuk produksi asam sitrat harus tahan terhadap asam yaitu stainless steel, karena pada pH 1-2 logam berat akan terlepas dari dinding fermentor yang terbuat dari stainless biasa. Pelepasan logam berat ini akan menghambat pembentukan asam sitrat.

2. Struktur miselia

Struktur miselia yang terbentuk selama tropophase sangat mempengaruhi proses produksi. Apabila miselia banyak yang hilang dan berfilamen, dengan cabang yang terbatas

*Laporan Tugas Akhir*

## BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

---

serta tidak ada chlamidospora maka akan menghasilkan sedikit asam sitrat pada saat idiophase. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, miselia yang digunakan harus mempunyai kandungan padatan yang sangat sedikit. Rasio antara besi dan tembaga menunjukkan struktur miselia.

### 3. Suplai oksigen

Meskipun *A. niger* memerlukan sedikit oksigen, akan tetapi sangat sensitif apabila kekurangan oksigen. Laju aerasi sekitar 0,2-1 vvm selama fase pembentukan asam. Apabila viskositas rendah tidak diperlukan pengadukan.

Sistem submerged ini tidak terpengaruh terhadap variabilitas komposisi media dan komposisi molasses bila dibandingkan dengan sistem surface, sehingga sistem ini lebih banyak digunakan.

Proses fermentasi ini menghasilkan busa pada fermentor. Sepertiga dari volume reactor digunakan untuk menampung busa ini. Untuk mengurangi terbentuknya busa ditambahkan zat antifoam dan pemecah busa mekanis.  
(Crueger, W., "Biotechnology", p. 118)

#### **a. Proses submerged menggunakan fermentor dengan reactor stirred**

Proses ini menggunakan fermentor dengan pengaduk, yang berfungsi untuk melarutkan oksigen yang terlarut dalam bahan baku sehingga perkembangan jamur yang digunakan dapat berkembang dengan baik. Proses ini baik digunakan untuk bahan yang memiliki viskositas tinggi.

#### **b. Proses submerged dengan menggunakan reactor airlift**

Proses ini menggunakan hembusan udara dari bawah fermentor, dimana proses ini kurang menguntungkan bagi jamur, karena jamur yang digunakan sensitif terhadap udara yang

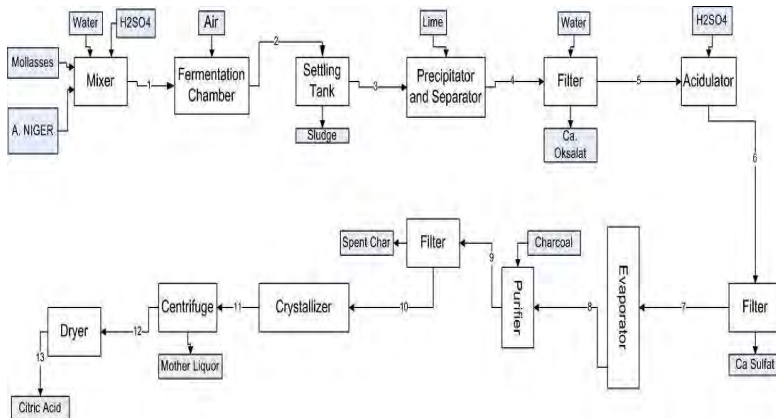
---

### ***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

berlebih. Proses ini baik digunakan untuk bahan yang memiliki viskositas rendah.



Gambar II.2 Blok diagram Asam Sitrat dengan Metode Submerged

## II.2 Seleksi Proses

Secara komersial, pembuatan asam sitrat dilakukan dengan proses fermentasi. Dari seleksi pemilihan proses diatas, yang dititikberatkan adalah pada segi operasional yang mudah dan modal yang relatif kecil dibandingkan dengan proses yang lain. Selain itu, perubahan komposisi bahan baku tidak mempengaruhi yield, maka dapat disimpulkan bahwa proses submerged dengan menggunakan fermentor berpengaduk (stirred reactor) lebih efektif daripada proses yang lain, dan pemilihan didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain :

- Bahan baku proses “ Submerged fermentation menggunakan A. Niger lebih variatif diantaranya sukrosa, glukosa dan berbagai macam pati.

**BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES**

- Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah molasses, karena bahan ini mudah didapat di Indonesia dan harganya murah.

**II.2.2. Efektivitas Produksi**

Ditinjau dari segi efektivitas produksi, maka pembuatan asam sitrat dari molasses dengan proses submerged fermentation ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan asam sitrat ini adalah molasses.
- b) Bahan baku molasses harganya relatif murah.

Proses yang dipilih adalah submerged fermentation menggunakan *A. niger* dimana yield yang dihasilkan sekitar 90%. Kondisi operasi pada fermentor merupakan kondisi yang normal, menyesuaikan dengan kondisi pertumbuhan bakteri. Suhu operasi berkisar antara 28-32 °C, tekanan 1 atm. Proses fermentasi sendiri terdiri dari dua bagian, bagian yang pertama adalah pertumbuhan bakteri (fase pembiakan) dan bagian utamanya adalah fermentasi itu sendiri, prosesnya secara keseluruhan berlangsung selama 8 hari. Sedangkan untuk surface fermentation proses berlangsung 9-11 har, sehingga dalam hal ini waktu yang diperlukan pada submerged fermentation lebih pendek daripada surface fermentation.

Tabel II.1 Perbandingan Proses Surface dan Submerged

Parameter	Proses Surface		Proses Submerged	
	Media cair	Media padat	Reaktor airlift	Reaktor stirred
Yield	80-98%	80-98%	75-90%	75-90%
Lama operasi	8-14 hari	3-5 hari	5-8 hari	5-8 hari
Bahan	molasses	dedak padi dan	molasses,	molasses,

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molasses Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

Baku		gandum, pulp tebu, limbah pengolahan nanas	nira	nira
Operasional	Sulit	Sulit	Sedang	Mudah
Modal	Besar	Besar	Kecil	Kecil
Perubahan	Sangat	Sangat	Sedikit	Sedikit
Komposisi bahan baku	berpengaruh	Berpengaruh	Berpengaruh	Berpengaruh

Dari seleksi pemilihan proses diatas, yang dititikberatkan adalah pada segi operasional yang mudah dan modal yang relatif kecil dibandingkan dengan proses yang lain. Selain itu, perubahan komposisi bahan baku tidak mempengaruhi yield, maka dapat disimpulkan bahwa proses submerged lebih efektif daripada proses yang lain.

## **II.2 Uraian Proses**

### **A. Tahap Pemiakan Jamur**

Tetes dari Tangki Penampung Tetes dipompa menuju Dillution Tank agar kandungan gula dalam larutan gula didapatkan 18 %. Kemudian dipompa menuju Rotary Vacum Filter I untuk memisahkan molasses dengan zat pengotor. Molasses tersebut dipompa menuju Hidroliser dan Sterilisasi ditambahkan larutan  $H_2SO_4$  12%, dan larutan antifoam. Penambahan  $H_2SO_4$  12 % berfungsi untuk menurunkan pH hingga 5,4. Penambahan antifoam bertujuan untuk mengurangi pembusaan yang terjadi. Pada tanki hidrolisa dan sterilisasi dilakukan pemanasan menggunakan saturated steam 150 °C untuk proses sterilisasi. Selama proses ini sukrosa terhidrolisa sempurna menjadi glukosa dan fruktosa dalam suasana asam, dengan reaksi sebagai berikut:



*Laporan Tugas Akhir*

**BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES**

Tetes kemudian didinginkan dalam Cooler hingga 30 °C dan dialirkan ke Seed Tank dan Fermentor dengan perbandingan 1 : 10 dengan komposisi yang sama. Pada Seed Tank ditambahkan jamur *A. niger* dengan perbandingan 5 : 1000 terhadap massa larutan dalam Seed Tank. Waktu pembibitan adalah sekitar 18-30 jam, dalam hal ini diambil waktu pembibitan 24 jam yang berlangsung secara aerob.

Pada Tangki ini tidak terjadi fermentasi tetapi lebih diharapkan terjadi pembiakan *Aspergillus Niger* dan proses adaptasi sebelum masuk Fermentor. Namun pada kenyataannya terbentuk asam sitrat meskipun jumlahnya sedikit (5%). Komposisi media pembibitan dan fermentasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel II.2 Kandung komposisi media pembibitan

Komponen	Kadar (g/l)	
	Media pembibitan	Media fermentasi
Magnesium sulfat heptahidrat	0,25	0,25
Kalium dihidrogen fosfat	1	2,5
Amonium nitrat	2,5	2,5

(Atkinson & Mavituna, "Biochemical Engineering & Biotechnology Handbook", p. 425)

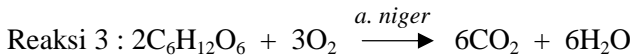
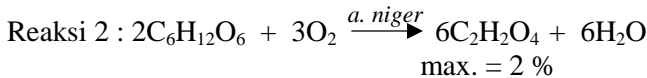
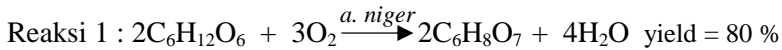
**B. Tahap Fermentasi**

Pada Fermentor, tetes terfermentasikan menjadi asam sitrat dalam kondisi operasi yang sama dengan Seed Tank, disini digunakan temperatur 30 °C dan tekanan operasi 1 psig lebih tinggi dari tekanan luar agar gas dalam Fermentor dapat dikeluarkan. Fermentasi berlangsung selama 6 hari dan dari proses fermentasi ini terdapat hasil samping berupa asam oksalat. Asam oksalat yang terbentuk maksimal 2 % berat larutan. Reaksi yang terjadi dalam Fermentor adalah sebagai berikut :

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*





Kemudian larutan hasil fermentasi dipompa menuju Rotary Vacum Filter II, untuk memisahkan antifoam, larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan biomass yang terkandung dalam larutan. Larutan ini dialirkan menuju Precipitation Tank.

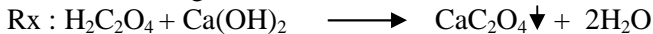
### **C. Tahap Precipitasi Asam Oksalat**

Didalam tangki precipitation ini larutan direaksikan dengan lime ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) menghasilkan kalsium oksalat dan endapan kalsium sitrat dalam bentuk garam kalsium. Prinsip presipitasi ini memanfaatkan sifat kelarutan garamnya, dimana kalsium oksalat tidak larut (mengendap) sedangkan kalsium sitrat larut. Dengan reaksi – reaksi sebagai berikut :

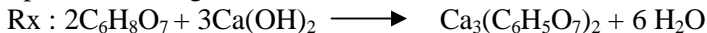
- Netralisasi



- Pembentukan garam oksalat



- pembentukan garam sitrat

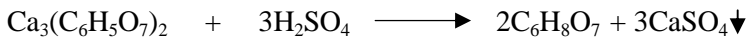


Kemudian larutan dipompa menuju Rotary Vacum Filter III yang bertujuan untuk memisahkan kalsium oksalat dengan kalsium sitrat, hal ini agar didapat kemurnian yang lebih tinggi. Filtrat berupa larutan kalsium sitrat dipisahkan dari cake yang berkomponen kalsium oksalat

*Laporan Tugas Akhir*

**D. Asidifikasi Kalsium Sitrat**

Filtrat yang dihasilkan dimasukkan ke Accidulation Tank dengan ditambahkan asam sulfat 12% untuk memperoleh asam sitrat kembali. Reaksi yang terjadi di Accidulation Tank :



Kemudian larutan dipompa menuju Rotary Vacum Filter IV, yang bertujuan untuk memisahkan kalsium sulfat. Filtrat yang dihasilkan menuju Decolorization Tank untuk memutihkan asam sitrat dengan menggunakan karbon aktif sebesar 0,9% berat

Larutan kemudian dipompa menuju Rotary Vacum Filter V untuk memisahkan karbon aktif dan komponen yang terabsorpsi sebagai cake. Filtrat dipompa menuju Mixer untuk dicampur dengan larutan recycle dari Centrifuge dan Screen. Kemudian larutan dari mixer dipompa menuju Evaporator

**E. Pemekatan Larutan Asam Sitrat**

Larutan asam sitrat  $\pm 19\%$  di pompa menuju evaporator double effect. Aliran forward feed sampai kadar asam sitrat akhir mencapai 85% sebagai pemanas effect 1 digunakan steam saturated  $120^\circ\text{C}$ .

**F. Kristalisasi asam sitrat**

Untuk menguapkan kandungan air sehingga konsentrasi asam sitrat naik. Larutan dari evaporator dialirkan ke Crystallizer untuk mendapatkan kristal asam sitrat monohidrat pada suhu  $32^\circ\text{C}$ . Selanjutnya secara grafitasi, magma diumpankan ke dalam centrifuge untuk memisahkan kristal dari mother liquor.

---

**Laporan Tugas Akhir**

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### **G. Pengeringan Kristal**

Kristal asam sitrat ini kemudian dimasukkan ke Rotary Dryer dengan menggunakan Belt Conveyor, sedangkan larutan induknya dipompa ke Mixer kembali. Pada Rotary Dryer, dialirkan udara panas dengan suhu 120 °C sehingga dihasilkan kristal dengan kadar air 5%. Fine kristal yang terikut udara pengering keluar akan tertangkap oleh cyclone, untuk dicampurkan menuju aliran produk. Kristal kering dialirkan dalam vibrating screen untuk didapat ukuran  $\pm 80$  mesh. Kristal yang memenuhi spek diumpankan menuju produk storage.

## BAB III NERACA MASSA

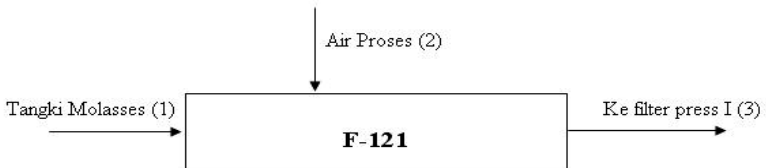
Kapasitas Produksi : 30000 ton /tahun  
 Waktu Operasi : 330 hari/tahun, 24 jam/hari  
 Satuan : kg/jam  
 Basis waktu : 1 jam

### 1. TANGKI PENGECER TETES (F-121)

Fungsi : Untuk mengencerkan larutan gula dalam molasses menjadi 18% larutan gula

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Dilution Tank (F-121)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Tangki Molasses (F-121)</i>			<i>Ke Filter Press I (H-125)</i>		
Sukrosa	2661.845	kg	Sukrosa	2661.845	kg
Fruktosa	1026.137	kg	Fruktosa	1026.137	kg
Glukosa	755.932	kg	Glukosa	755.932	kg
Air	1915.563	kg	Air	20244.498	kg
CaSO <sub>4</sub>	931.244	kg	CaSO <sub>4</sub>	931.244	kg
Impurities	751.107	kg	Impurities	751.107	kg
<i>b. Dari Air Proses</i>					
Air pengencer	18328.934	kg			
Total	26370.762	kg	Total	26370.762	kg

**Laporan Tugas Akhir**

III-1

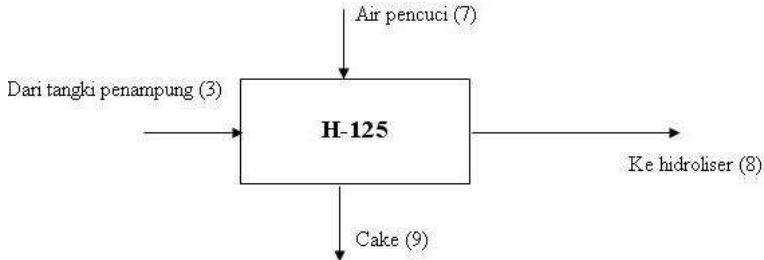
*Pabrik Asam Sitrat dari Molasses Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 2. FILTER PRESS I (H-125)

Fungsi : Untuk memisahkan impurities dalam molasses

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Filter Press I (H-125)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Tangki Pengenceran (M-123)</i>			<i>a. Ke Hidroliser (M-120)</i>		
Sukrosa	2661.845	kg	Sukrosa	2660.241	kg
Fruktosa	1026.137	kg	Fruktosa	1025.519	kg
Glukosa	755.932	kg	Glukosa	755.476	kg
Air	20244.498	kg	Air	20814.701	kg
CaSO <sub>4</sub>	931.244	kg	Impurities	750.654	kg
Impurities	751.107	kg		26006.592	kg
	26370.762	kg			
<i>b. Dari Air Proses</i>			<i>b. Ke Pembuangan (H-223)</i>		
Air Pencuci	582.400	kg	Sukrosa	1.604	kg
			Fruktosa	0.618	kg
			Glukosa	0.455	kg
			Air	12.197	kg
			Impurities	0.453	kg
			CaSO <sub>4</sub>	931.244	kg
				946.570	
Total	26953.162	kg	Total	26953.162	kg

**Laporan Tugas Akhir**

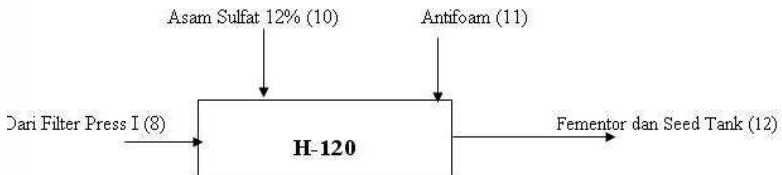
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### 3. TANGKI HIDROLISA DAN STERILISASI (M-120)

Fungsi : Untuk menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (monosakarida)

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 120<sup>0</sup> C



Neraca Massa Tangki Hidrolisa dan Sterilisasi (M-120)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Filter Press I (H-223)</i>			<i>Ke Splitter</i>		
Sukrosa	2661.845	kg	Monosakarida	4581.250	kg
Fruktosa	1026.137	kg	Air	20674.996	kg
Glukosa	755.932	kg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.042	kg
Air	20244.498	kg	Impurities	750.654	kg
Impurities	931.244	kg	Antifoam	25.256	kg
	26006.592	kg		26032.198	kg
<i>b. Dari Overhead H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (F-114)</i>					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.0419	kg			
Air	0.307358978	kg			
<i>c. Dari Overhead Antifoam (F-129)</i>					
Antifoam	25.256	kg			
Total	26032.198	kg	Total	26032.198	kg

### **Laporan Tugas Akhir**

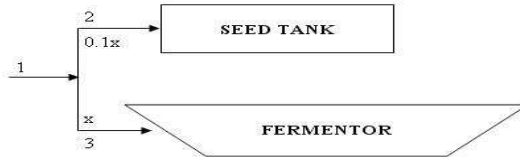
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**4. SPLITTER**

Fungsi : Untuk memisahkan larutan yang masuk ke fermentor dan seed tank

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Splitter					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Mixer dan Sterilisasi</i>			<i>a. Ke Seed Tank (M-215)</i>		
Monosakarida	4581.25	kg	Monosakarida	416.477	kg
Air	20675.00	kg	Air	1879.545	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.0419	kg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.004	kg
Antifoam	25.26	kg	Antifoam	2.296	kg
Impurities	750.654	kg	Impurities	68.241	kg
			<i>b. Ke Fermentor (R-210)</i>		
			Monosakarida	4164.772	kg
			Air	18795.45	kg
			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.0381	kg
			Antifoam	22.960	kg
			Impurities	682.413	kg
Total	26032.20	kg	Total	26032.20	kg

**Laporan Tugas Akhir**

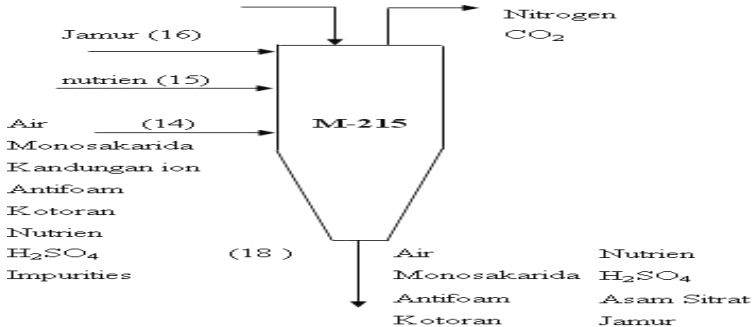
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### 5. SEED TANK (M-215)

Fungsi : Tempat pembiakan bakteri *aspergillus niger*

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Seed Tank (M-125)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Splitter</i>			<i>a. Ke Fermentor (R-210)</i>		
Monosakarida	416.477	kg	Monosakarida	37.483	kg
Air	1879.545	kg	Air	2098.418	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.004	kg	Asam sitrat	22.206	kg
Impurities	68.241	kg	Impurities	68.241	kg
Antifoam	2.296	kg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.004	kg
	2366.563	kg	Antifoam	2.296	kg
			Biomass	23.336	kg
<i>b. Dari Udara</i>			<i>b. Ke Udara</i>		
Nitrogen	1529.666	kg	Nitrogen	1529.666	kg
Oksigen	464.709	kg	Oksigen	77.451	kg
Uap air	44.873	kg	Karbondioksida	524.850	kg
	11.888	kg	Uap air	44.873	kg
				2176.841	kg
Total	4428.823	kg	Total	4428.823	kg

### Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

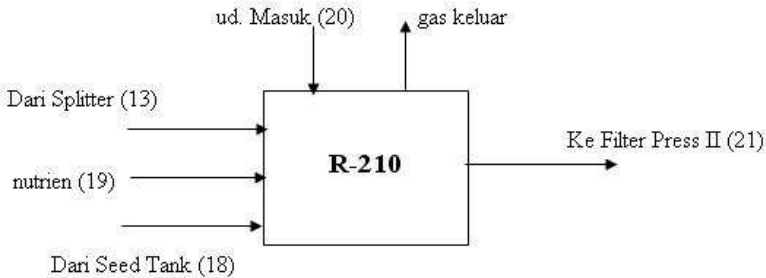


### 6. FERMENTOR ( R-210 )

Fungsi : Tempat terjadinya fermentasi, merubah monosakarida menjadi asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Fermentor (R-210)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Splitter</i>			<i>a. Gas keluar</i>		
Monosakarida	4164.772	kg	Oksigen	340.682	kg
Air	18795.451	kg	CO <sub>2</sub>	740.121	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.038	kg	Nitrogen	6728.468	kg
Impurities	682.413	kg	Uap air	197.383	kg
Antifoam	22.960	kg		8006.653	kg
	23665.634	kg			
<i>b. Dari Seed Tank (M-215)</i>			<i>b. Ke Filter Press II (H-223)</i>		
monosakarida	37.483	kg	Asam sitrat	3608.131	kg
Air	2098.418	kg	Air	21969.753	kg
Asam sitrat	22.206	kg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.042	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.004	kg	Antifoam	25.256	kg
Impurities	68.241	kg	Impurities	750.654	kg
Antifoam	2.296	kg	Biomass	43.086	kg
Biomass	23.336	kg	Asam oksalat	503.734	kg
	2251.984	kg		26900.657	kg

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab III Neraca Massa**

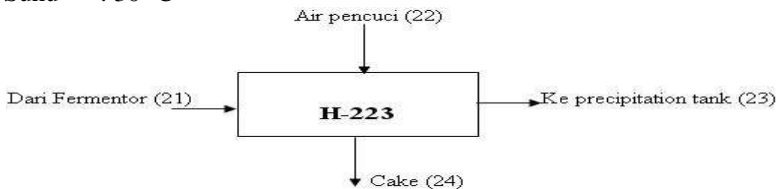
<i>c. Dari Udara</i>					
Oksigen	2044.091	kg			
Nitrogen	6728.468	kg			
Uap air	197.383	kg			
	8969.941	kg			
<i>d. Dari Tangki Nutrien (F-213)</i>					
Nutrien	19.751	kg			
Total	34907.310	kg	Total	34907.310	kg

**7. FILTER PRESS II (H-223)**

Fungsi : Memisahkan biomass yang terdapat dalam larutan asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



<b>Neraca Massa Filter Press II</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Fermentor (R-210)</i>			<i>a. Ke Pembuangan</i>		
Asam sitrat	3608.131	kg	Asam sitrat	0.097	kg
Air	21969.753	kg	Air	0.592	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.042	kg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.129E-06	kg
Impurities	750.654	kg	Impurities	0.020	kg
Antifoam	25.256	kg	Antifoam	0.001	kg
Biomass	43.086	kg	Biomass	43.086	kg
Asam oksalat	503.734	kg	Asam oksalat	0.014	kg
	26900.657	kg		43.810	kg

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

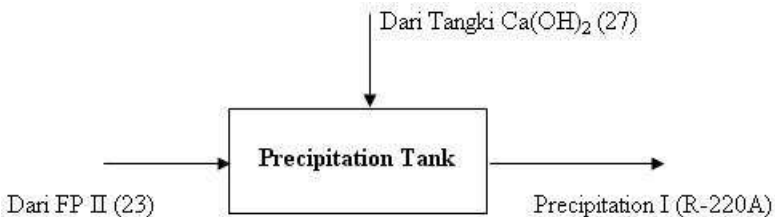
<i>b. Dari air proses</i>			<i>b. Ke Precipitation Tank (R-220)</i>		
Air pencuci	20.625	kg	Asam sitrat	3608.034	kg
			Air	21989.786	kg
			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.042	kg
			Impurities	750.634	kg
			Antifoam	25.256	kg
			Asam oksalat	503.721	kg
				26877.472	kg
Total	26921.282	kg	Total	26921.282	kg

**8. PRECIPITATION TANK I (R-220A)**

Fungsi : Mereaksikan asam oksalat yang terbentuk selama fermentasi dengan susu kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>)

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



<b>Neraca Massa Precipitation Tank I (R-220A)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Filter Press II (H-231)</i>			<i>Ke Precipitation II (R-220B)</i>		
Asam sitrat	3608.034	kg	Asam sitrat	3608.034	kg
Air	21989.786	kg	Air	24891.388	kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.19E-02	kg	Impurities	750.634	kg
Asam oksalat	503.721	kg	Antifoam	25.256	kg
Impurities	750.634	kg		29275.312	kg
Antifoam	25.256	kg			
	26877.472	kg			

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab III Neraca Massa**

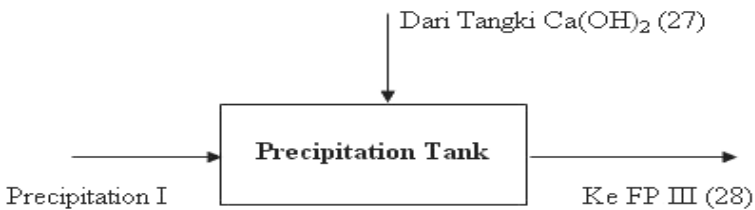
<i>b. Dari Tangki <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math> (M-227)</i>			<i>Mengendap di dasar konis</i>		
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	414.202	kg	$\text{CaSO}_4$	0.058	kg
Air	2700.099	kg	$\text{CaC}_2\text{O}_4$	716.403	kg
Total	29991.773	kg	Total	29991.773	kg

**9. PRECIPITATION TANK II (R-220B)**

Fungsi : Mereaksikan asam oksalat yang terbentuk selama fermentasi dengan susu kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^\circ\text{C}$



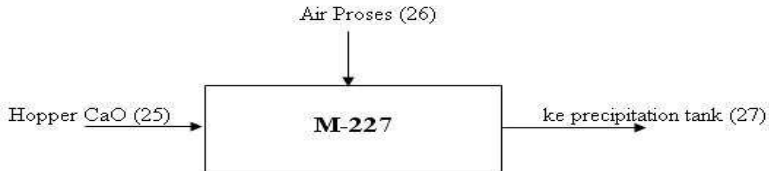
<b>Neraca Massa Precipitation Tank II (R-220B)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Precipitation I (R-220A)</i>			<i>Ke Filter Press III (H-231)</i>		
Asam sitrat	3608.034	kg	Kalsium sitrat	4679.169	kg
Air	24891.388	kg	Air	39503.670	kg
Impurities	750.634	kg	Impurities	750.634	kg
Antifoam	25.256	kg	Antifoam	25.256	kg
	29275.312	kg		44958.728	kg
<i>b. Dari Tangki <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math> (M-227)</i>					
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	414.202	kg			
Air	2700.099	kg			
	15683.417	kg			
Total	44958.728	kg	Total	44958.728	kg

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**10. Slaker  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (M-227)**Fungsi : Melarutkan kapur dengan air menjadi susu kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Tekanan : 1 Atm

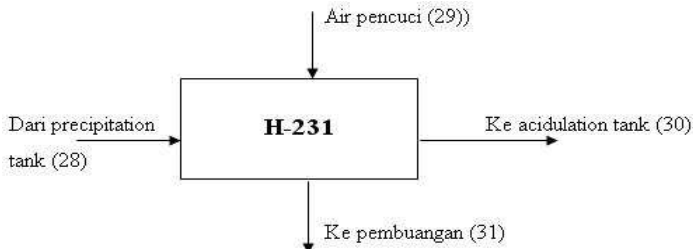
Suhu :  $30^0 \text{ C}$ 

Neraca Massa Slaker $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (M-227)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Hopper CaO (F-225)</i>			<i>Ke Precipitation Tank (R-220)</i>		
CaO	1891.965	kg	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	2500.096	kg
			Air	16297.621	kg
<i>b. Dari Air Proses</i>					
Air Proses	16905.753	kg			
Total	18797.717	kg	Total	18797.717	kg

**11. FILTER PRESS III (H-231)**

Fungsi : Memisahkan endapan Ca-oksalat dari larutan Ca-sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^0 \text{ C}$ **Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

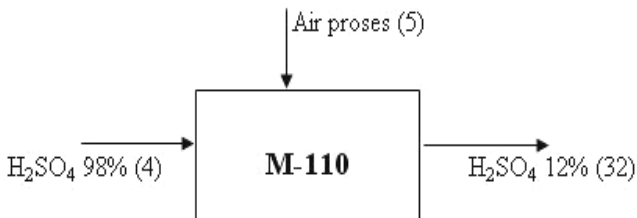
<b>Neraca Massa Filter Press III (H-231)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Precipitation Tank (R-220)</i>			<i>Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
$\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$	4679.169	kg	$\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$	4679.169	kg
Air	39503.670	kg	Air	224.794	kg
Impuritis	750.634	kg		4903.962	kg
Antifoam	25.256	kg			
	44958.728	kg			
<i>b. Dari Air Proses</i>			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
air pencuci	4495.873	kg	Air	43774.749	kg
			Impuritis	750.634	kg
			Antifoam	25.256	kg
				44550.639	kg
Total	49454.601	kg	Total	49454.601	kg

## 12. TANGKI PENGECER $\text{H}_2\text{SO}_4$ (M-110)

Fungsi : Melarutkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12%

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^\circ\text{C}$



<b>Neraca Massa Tangki Pengecer <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> (M-110)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Penyimpan <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> (F-111)</i>			<i>Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 98%			$\text{H}_2\text{SO}_4$ 12%		
$\text{H}_2\text{SO}_4$	2762.443	kg	$\text{H}_2\text{SO}_4$	2762.443	kg

### Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

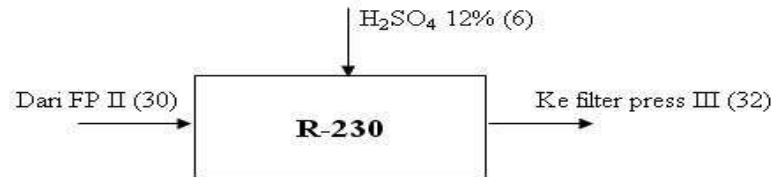
Air	56.376	kg	Air	20257.912	kg
	2818.819	kg		23020.355	kg
<i>b. Dari Air Proses</i>					
air	20201.536	kg			
Total	23020.355	kg	Total	23020.355	kg

**13. ACIDULATION TANK (R-230)**

Fungsi : Mereaksikan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12% dengan larutan Ca-sitrat, sehingga terbentuk  $\text{CaSO}_4$  dan Asam Sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $60^\circ\text{C}$



<b>Neraca Massa Acidulation Tank (R-230)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Filter Press III (H-231)</i>			<i>Ke Filter Press IV (H-241)</i>		
Air	224.794	kg	Asam sitrat	3608.034	kg
Kalsium sitrat	4679.169	kg	Air	20482.399	kg
	4903.962	kg	Kalsium sulfat	3833.536	kg
				27923.968	kg
<i>b. Dari tangki pengencer (M-110)</i>					
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 12% :					
$\text{H}_2\text{SO}_4$	2762.401	kg			
Air	20257.605	kg			
	23020.006	kg			
Total	27923.968	kg	Total	27923.968	kg

**Laporan Tugas Akhir**

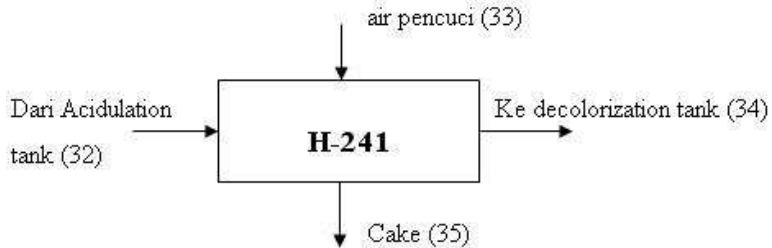
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

#### 14. FILTER PRESS IV (H-241)

Fungsi : Memisahkan  $\text{CaSO}_4$  dalam larutan Asam Sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $55^\circ \text{C}$



Neraca Massa Filter Press IV (H-241)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Acidulation Tank (R-230)</i>			<i>a. Ke Decolorization Tank (M-240)</i>		
Asam sitrat	3608.034	kg	Asam sitrat	3598.700	kg
Air	20482.399	kg	Air	22797.653	kg
Kalsium sulfat	3833.536	kg		26396.352	kg
	27923.968	kg			
<i>b. Dari Air Proses</i>			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2762.401	kg	Asam sitrat	9.334	kg
Air	20257.605	kg	Air	52.988	kg
	23020.006	kg	Kalsium sulfat	3833.536	kg
				3895.858	kg
Total	30292.210	kg	Total	30292.210	kg

#### **Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

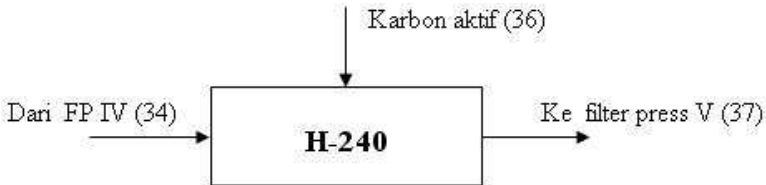


**15. DECOLORIZATION TANK (H-240)**

Fungsi : Proses pemutihan larutan asam sitrat, direaksikan dengan karbon aktif

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 50<sup>0</sup> C



Neraca Massa Filter Press V (H-312)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Decolorization (M-240)</i>			<i>a. Ke Mixer (M-315)</i>		
Asam sitrat	3598.700	kg	Asam sitrat	3598.485	kg
Air	22797.653	kg	Air	22856.109	kg
Karbon aktif	72.376	kg		26454.594	kg
	26468.729				
			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
<i>b. Dari air proses</i>			Asam sitrat	0.215	kg
Air pencuci	59.816	kg	Air	1.360	kg
			cake	72.376	kg
				73.951	kg
Total	26528.545	kg	Total	26528.545	kg

**Laporan Tugas Akhir**

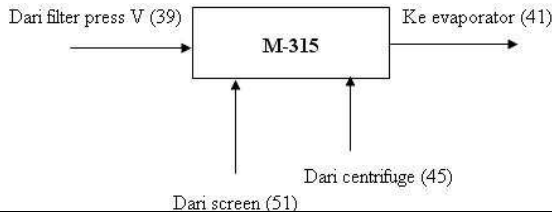
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### 17. MIXER (M-315)

Fungsi : Mencampur larutan asam sitrat dengan mother liquor dan under / uper size kristal asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 45<sup>0</sup> C



Neraca Massa Mixer (M-315)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Filter Press V (H-312)</i>			<i>Ke Evaporator (V-310)</i>		
Asam sitrat	3598.485	kg	Asam sitrat	15544.831	kg
Air	22856.109	kg	Air	52521.268	kg
	26454.594	kg		68066.099	kg
<i>b. Dari Screen (H-335)</i>					
Asam sitrat	1163.494	kg			
Air	61.237	Kg			
	1224.731	kg			
<i>c. Dari Centrifuge (H-322)</i>					
Asam sitrat	10782.851	kg			
Air	29603.922	kg			
	40386.774	kg			
Total	68066.099	kg	Total	68066.099	kg

### **Laporan Tugas Akhir**

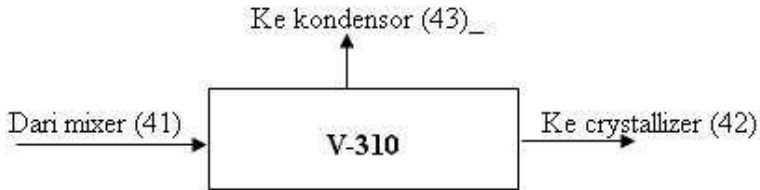
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**18. EVAPORATOR (V-310)**

Fungsi : Memekatkan larutan asam sitrat, dari 19% menjadi 85%

Tekanan : 0,13 Atm

Suhu : 65<sup>0</sup> C



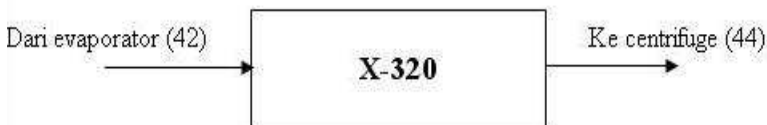
Neraca Massa Evaporator (V-310)					
Masuk			Keluar		
Dari Mixer (M-315)			Ke Crystallizer (X-320)		
Asam sitrat	15544.831	kg	Asam sitrat	15544.831	kg
Air	52521.268	kg	Air	15756.380	kg
	68066.099	kg		31301.211	kg
			Ke Kondensor (E-317)		
			Uap air	36764.888	kg
Total	68066.099	kg	Total	68066.099	kg

**19. CRYSTALLIZER (X-320)**

Fungsi : Membentuk kristal asam sitrat dari asam sitrat pekat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

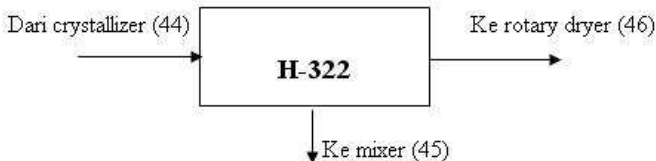
<b>Neraca Massa Crystallizer (X-320)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Evaporator (V-310)</i>			<i>Ke Centrifuge (H-322)</i>		
Asam sitrat	15544.83	kg	Kristal		
Air	15756.38	kg	Asam sitrat	4596.606	kg
	31301.211	kg			
			<i>Larutan</i>		
			Asam Sitrat	10948.224	kg
			Air	15756.380	kg
				31301.211	kg
Total	31301.211	kg	Total	31301.211	kg

## 20. CENTRIFUGE (H-322)

Fungsi : Memisahkan kristal asam sitrat dari mother liquornya

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



<b>Neraca Massa Centrifuge (H-322)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Crystallizer (X-320)</i>			<i>a. Ke Rotary Dryer (X-320)</i>		
Kristal			Kristal basah		
Asam sitrat	4596.606	kg	Asam sitrat	4596.606	kg
			Air		kg
Larutan					
Asam Sitrat	10948.224	kg	<i>b. Ke Mixer (M-315)</i>		
Air	15756.380	kg	Mother Liquor :		
	31301.211	kg	Asam Sitrat	10782.851	kg

## **Laporan Tugas Akhir**

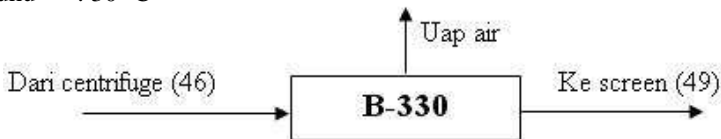
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

			Air	15310.026	kg
				26092.878	kg
Total	31301.211	kg	Total	31301.211	kg

**21. ROTARY DRYER (B-330)**

Fungsi : Mengeringkan kristal asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C

<b>Neraca Massa Rotary Dryer (B-330)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>Dari Centrifuge (H-322)</i>			<i>a. Ke Screen (H-335)</i>		
Asam sitrat	4761.979	kg	Asam sitrat	4498.106	kg
Air	446.354	kg	Air	236.742	kg
	5208.333	kg		4734.849	kg
Dari udara	6212.403	kg	<i>b. Ke Cyclone (H-334)</i>		
			Asam Sitrat	263.873	kg
			Air	13.888	kg
				277.761	kg
Total	11420.736	kg	Total	11420.736	kg

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 22. SCREEN (H-335)

Fungsi : Memisahkan kristal asam sitrat yang memenuhi spek dari under / uper sizenya

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Massa Screen (H-335)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Rotary Dryer (B-330)</i>			<i>a. Ke Hopper Asam Sitrat (F-338)</i>		
Asam sitrat	4498.106	kg	Asam sitrat	3598.485	kg
Air	236.742	kg	Air	189.394	kg
	4734.849	kg		3787.879	kg
			<i>b. Ke Mixer (M-315)</i>		
			Asam Sitrat	899.621	kg
			Air	47.348	kg
				946.970	kg
Total	4734.849	kg	Total	4734.849	kg

## Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## BAB IV Neraca Panas

Kapasitas Produksi	:	30000 ton /tahun
Waktu Operasi	:	330 hari/tahun, 24 jam/hari
Satuan	:	kkal/jam
Basis waktu	:	1 jam
Suhu Referen	:	25 °C
Fase Referen	:	H <sub>2</sub> O (liquid), Asam sitrat (solid)

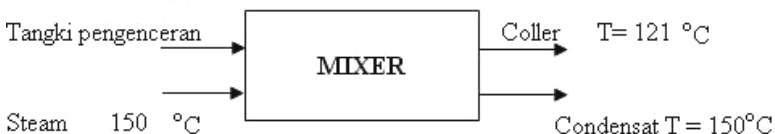
### 1. TANGKI HIDROLISA DAN STERILISASI (M-120)

Fungsi : Untuk menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (monosakarida)

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 120<sup>0</sup> C

T= 30 °C



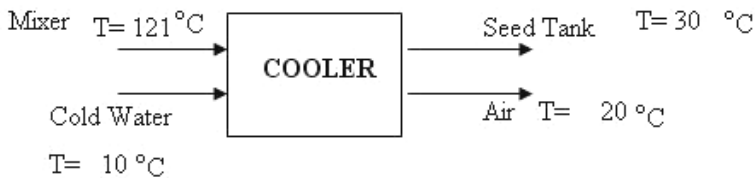
Neraca Panas Hidrolization dan Sterilization Tank (M-120)					
Masuk			Keluar		
Dari Filter Press I (H-125)			Ke Cooler (E-212)		
H <sub>in</sub>	112753.3	kkal	H <sub>out</sub>	2161367.9	kkal
(-ΔH <sub>s</sub> )	9.8	kkal	Q loss	107165.2	kkal
(-ΔH <sub>R</sub> )	12465.8	kkal			
(Q Steam)	2143304.2	kkal			
Total	2268533.1	kkal	Total	2268533.1	kkal

**2. COOLER (E-212)**

Fungsi : Untuk mendinginkan larutan dari tangki hidrolisa menuju seed tank

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



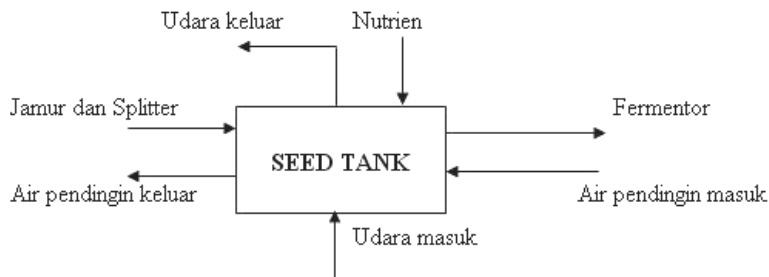
Neraca Panas Cooler (E-212)					
Masuk			Keluar		
Dari Tangki Hidrolisa (M-120)			Ke Splitter		
H <sub>in</sub>	2161367.9	kcal	H <sub>out</sub>	112250.8	kcal
			Q <sub>cold water</sub>	2049117.1	kcal
Total	2161367.9	kcal	Total	2161367.9	kcal

**3. SEED TANK (M-215)**

Fungsi : Tempat pembiakan bakteri *aspergillus niger*

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



**Laporan Tugas Akhir**



**Bab IV Neraca Panas**

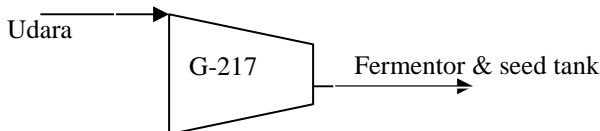
Neraca Panas Seed Tank (M-215)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Cooler(E-212)</i>			<i>Ke Fermentor (R-210)</i>		
$H_{in}$	10246.07	kkal	$H_{out}$	10819.99	kkal
<i>b. Dari Udara</i>			<i>b. Ke Udara</i>		
$H_{in}$	2493.95	kkal	$H_{out}$	2597.34	kkal
$(-ΔH \text{ reaksi})$	23073.09	kkal	$Q_{\text{cold water}}$	22395.78	kkal
Total	35813.11	kkal	Total	35813.11	kkal

**4. COMPRESSOR (G-217)**

Fungsi : Sebagai penyuplai oksigen yang masuk tangki fermentasi dan seed tank

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Panas Compressor (G-217)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Udara</i>			<i>Ke Seed Tank (M-215)</i>		
$H_{in}$	21698.78	kkal	$H_{out}$	21698.78	kkal
$W_{masuk}$	194089.81	kkal	$W_{keluar}$	155271.85	
			$W_{loss}$	38817.96	kkal
Total	215788.59	kkal	Total	215788.59	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

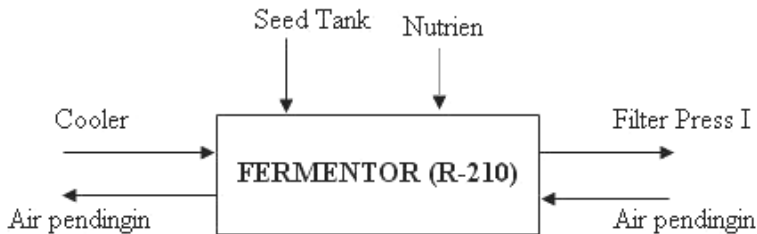
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**5. FERMENTOR (R-210)**

Fungsi : Tempat terjadinya fermentasi, merubah monosakarida menjadi asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Panas Fermentor (R-210)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Splitter</i>			<i>a. Ke Filter Press II (H-223)</i>		
H <sub>in</sub>	102081.04	kkal	H <sub>out</sub>	120427.79	kkal
<i>b. Dari Seed Tank (M-215)</i>			<i>b. Ke Udara</i>		
H <sub>in</sub>	10819.99	kkal	H <sub>out</sub>	9845.30	kkal
<i>c. Dari Udara</i>					
H <sub>in</sub>	10970.00	kkal	Q <sub>cold water</sub>	16972456.30	kkal
(-ΔH reaksi)	16978858.36	kkal			
Total	17102729.39	kkal	Total	17102729.39	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

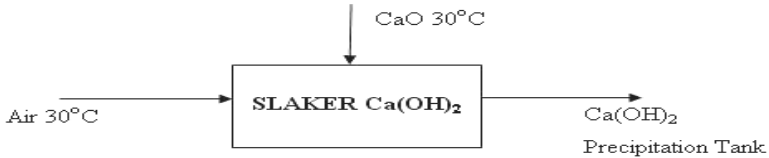
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 6. SLAKER $\text{Ca(OH)}_2$ (M-227)

Fungsi : Melarutkan kapur dengan air menjadi susu kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ )

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^\circ\text{C}$



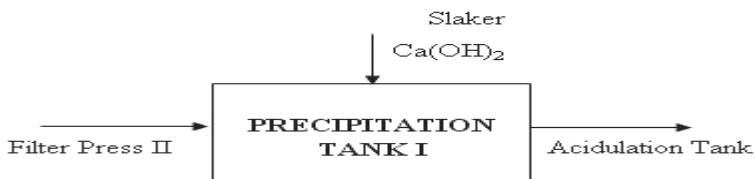
Neraca Panas Slaker $\text{Ca(OH)}_2$ (M-227)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Tangki Penampung CaO (F-225)</i>			<i>Ke Precipitation Tank (R-220)</i>		
$H_{in}$	4768.16	kkal	$H_{out}$	749141.46	kkal
$(-\Delta H \text{ reaksi})$	525783.79	kkal			
$(-\Delta H \text{ pelarutan})$	218589.51	kkal			
Total	749141.46	kkal	Total	749141.46	kkal

## 7. PRECIPITATION TANK I (R-220A)

Fungsi : Mereaksikan asam oksalat yang terbentuk selama fermentasi dengan susu kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ )

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^\circ\text{C}$



## *Laporan Tugas Akhir*

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

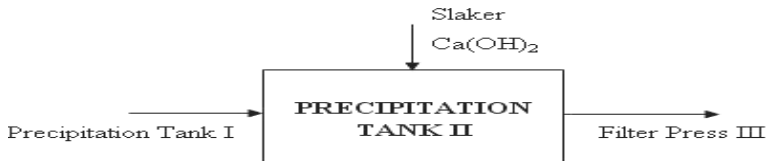
<b>Neraca Panas Precipitation Tank (R-220A)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Slaker (M-227)</i>			<i>a. Ke Fermentor (R-210)</i>		
$H_{in}$	332631.33	kkal	$H_{out}$	319472.36	kkal
<i>b. Dari Filter Press II (H-223)</i>			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
$H_{in}$	120448.49	kkal	$H_{out}$	219947.06	kkal
$(\Delta H \text{ reaksi})$	86339.6	kkal			
Total	539419.42	kkal	Total	539419.42	kkal

### 8. PRECIPITATION TANK II (R-220B)

Fungsi : Mereaksikan asam oksalat yang terbentuk selama fermentasi dengan susu kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^0 \text{ C}$



<b>Neraca Panas Precipitation Tank II (R-220B)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Slaker (M-227)</i>			<i>Ke Filter Press III (H-231)</i>		
$H_{in}$	1675109.8	kkal	$H_{out}$	1827525.7	kkal
<i>b. Dari Percipitation Tank I (R-220A)</i>			<i>b. Ke Udara</i>		
$H_{in}$	319472.3	kkal	$(\Delta H \text{ reaksi})$	167056.4	kkal
Total	1994582.1	kkal	Total	1994582.1	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

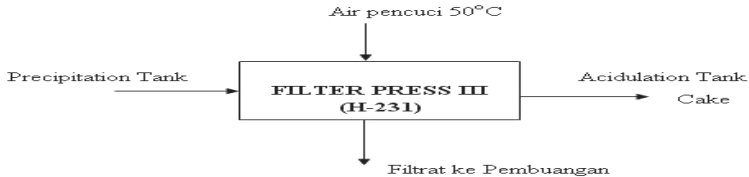
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

### 9. FILTER PRESS III (H-231)

Fungsi : Memisahkan endapan Ca-oksalat dari larutan Ca-sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



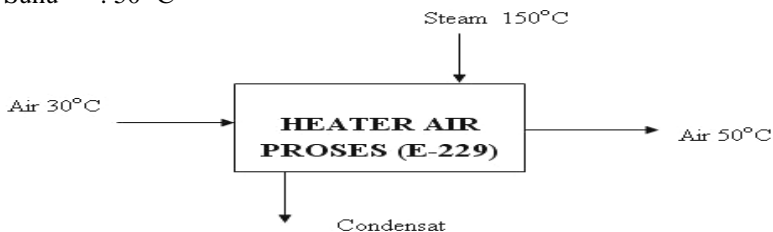
Neraca Panas Filter Press III (H-231)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Precipitation Tank (R-220)</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
H <sub>in</sub>	1827525.74	kcal	H <sub>out</sub>	101137.6	kcal
			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
H air pencuci	112261.94		H <sub>out</sub>	1838650.1	kcal
Total	1939787.68	kcal	Total	1939787.68	kcal

### 10. HEATER AIR PROSES (E-229)

Fungsi : Memanaskan water proses untuk filter press III

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 50<sup>0</sup> C



### Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

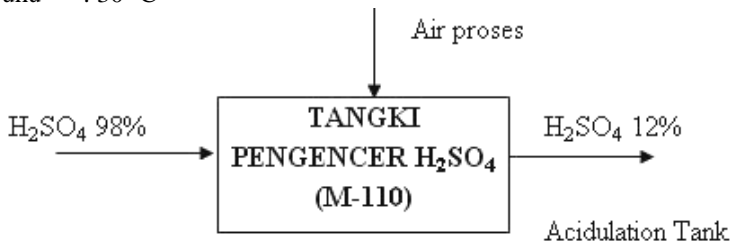
<b>Neraca Panas Heater Air Proses (E-229)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>Dari Air Proses</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
$H_{in}$	22450.1	kkal	$H_{out}$	112262	kkal
$(Q_{steam})$	94538.74		$Q_{loss}$	4726.94	
Total	116988.9	kkal	Total	116988.9	kkal

### 11. TANGKI PENGENCER $H_2SO_4$ (M-110)

Fungsi : Melarutkan  $H_2SO_4$  98% menjadi  $H_2SO_4$  12%

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $30^0$  C



<b>Neraca Panas Tangki Pengenceran <math>H_2SO_4</math> (M-110)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>Dari Penyimpan <math>H_2SO_4</math> 98% (F-111)</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
$H_{in}$	105850.35	kkal	$H_{out}$	123567.59	kkal
$(-H_s)$	17717.230				
Total	123567.59	kkal	Total	123567.59	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

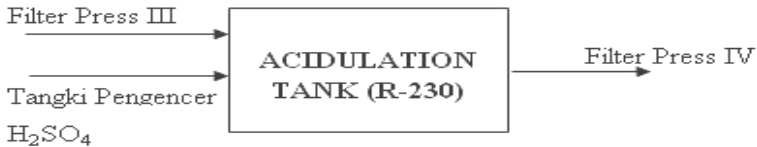
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 12. ACIDULATION TANK (R-230)

Fungsi : Mereaksikan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12% dengan larutan Ca-sitrat, sehingga terbentuk  $\text{CaSO}_4$  dan Asam Sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $60^\circ\text{C}$



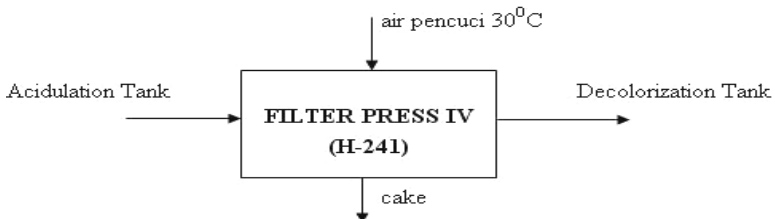
Neraca Panas Acidulation Tank (R-230)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Filter Press III (H-231)</i>			<i>Ke Filter Press IV (H-241)</i>		
$H_{in}$	101137.63	kkal	$H_{out}$	1033855.21	kkal
<i>b. Dari Tangki Pengencer (M-110)</i>					
$H_{in}$	123567.59				
$(-\Delta H_r)$	809150.00				
Total	1033855.21	kkal	Total	1033855.21	kkal

## 13. FILTER PRESS IV (H-241)

Fungsi : Memisahkan  $\text{CaSO}_4$  dalam larutan Asam Sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu :  $55^\circ\text{C}$



## Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

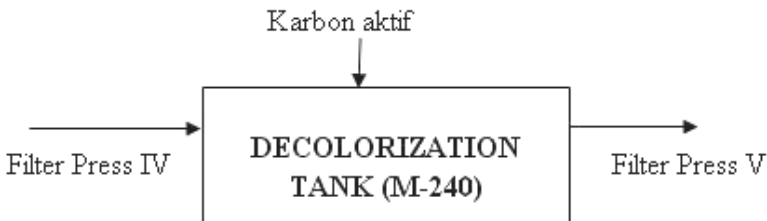
<b>Neraca Panas Filter Press IV (H-241)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Acidulation Tank (R-230)</i>			<i>a. Ke Decolourization Tank (M-240)</i>		
H <sub>in</sub>	1033855.21	kkal	H <sub>out</sub>	1026820.16	kkal
			<i>b. Ke Pembuangan</i>		
Q Air Pencuci	23654.00	kkal	H <sub>out</sub>	30689.05	kkal
Total	1057509.21	kkal	Total	1057509.21	kkal

#### 14. DECOLORIZATION TANK (M-240)

Fungsi : Proses pemutihan larutan asam sitrat, direaksikan dengan karbon aktif

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 50<sup>0</sup> C



<b>Neraca Panas Purifier (E-229)</b>					
<b>Masuk</b>			<b>Keluar</b>		
<i>a. Dari Filter Press IV (H-241)</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
H <sub>in</sub>	1026820.16	kkal	H <sub>out</sub>	1026907.74	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*



### Bab IV Neraca Panas

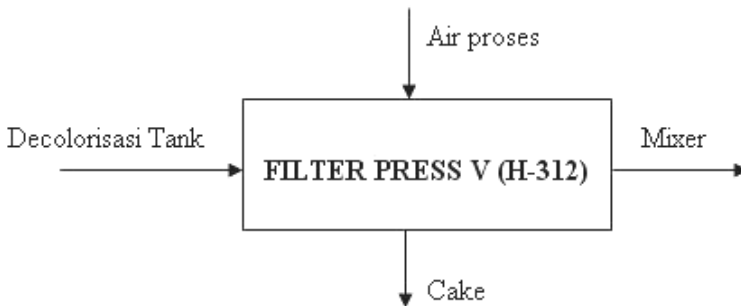
<i>b. Dari Penyimpan Karbon Aktif (F-224)</i>					
H Karbon Aktif	87.58				
Total	1026940.78	kcal	Total	1026940.78	kcal

### 15. FILTER PRESS V (H-312)

Fungsi : Memisahkan karbon aktif dalam larutan Asam Sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 50<sup>0</sup> C



Neraca Panas Filter Press V (H-312)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Air Proses</i>			<i>a. Ke Mixer (M-315)</i>		
H <sub>in</sub>	1026907.74	kcal	H <sub>out</sub>	1026409.00	kcal
<i>H Air pencuci</i>			<i>b. Ke pembuangan</i>		
	298.72				
			H <sub>out</sub>	797.49	kcal
Total	1027206.46	kcal	Total	1027206.46	kcal

### Laporan Tugas Akhir

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab IV Neraca Panas**
**16. MIXER (M-315)**

Fungsi : Mencampur larutan asam sitrat dengan mother liquor dan under / uper size kristal asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 45<sup>0</sup> C



Neraca Panas Mixer (M-315)					
Masuk			Keluar		
a. Dari Filter Press V (H-312)			a. Ke Acidulation Tank (R-230)		
H <sub>in</sub>	1026409.00	kcal	H <sub>out</sub>	1280450.47	kcal
b. Dari Screen (H-335)					
H <sub>in</sub>	13780.74	kcal			
c. Dari Centrifuge (H-322)					
H <sub>in</sub>	240260.73	kcal			
Total	1280450.47	kcal	Total	1280450.47	kcal

**Laporan Tugas Akhir**

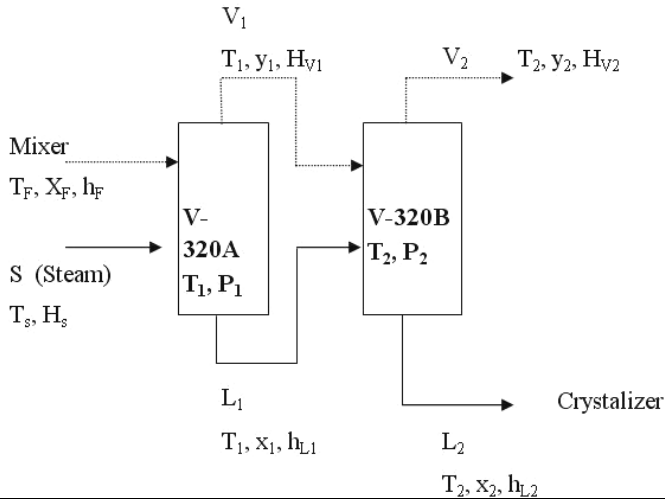
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 17. EVAPORATOR (V-310)

Fungsi : Memekatkan larutan asam sitrat, dari 19% menjadi 85%

Tekanan : 0,13 Atm

Suhu : 65<sup>0</sup> C



Neraca Panas Evaporator (V-310)					
Masuk			Keluar		
Dari Mixer (M-315)			Ke Crystallizer (X-320)		
H <sub>in</sub>	1280450.47	kcal	H <sub>out</sub>	14205611.40	kcal
(Q <sub>steam</sub> )	14118500.45	kcal	Q <sub>loss</sub>	1186710.52	kcal
Total	15398950.92	kcal	Total	15398950.92	kcal

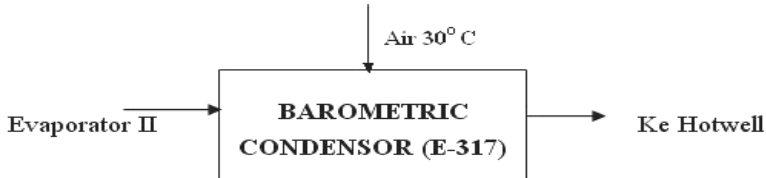
### *Laporan Tugas Akhir*

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**18. BAROMETRIC CONDENSOR (E-317)**

Fungsi : Membuat tekanan vacum pada evaporator

Tekanan : 0,13 Atm

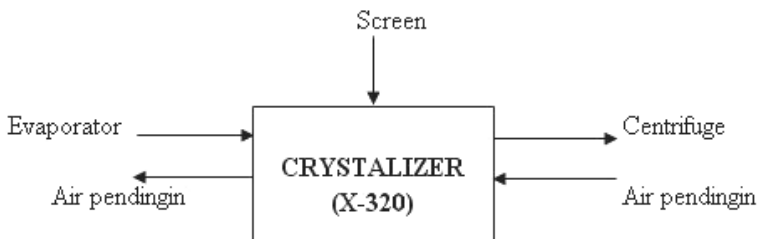
Suhu : 55<sup>0</sup> C

Neraca Panas Barometric Condensor (E-317)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Evaporator efek II (V-310)</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
H <sub>in</sub>	10622476.2	kcal	H <sub>out</sub>	1062247.6	kcal
<i>Dari Air Proses</i>			<i>Ke Hotwell (E-319)</i>		
H <sub>in</sub>	13871972.9	kcal	H <sub>out</sub>	23432200.5	kcal
Total	24494448.1	kcal	Total	24494448.1	Kkal

**19. CRYSTALIZER (X-320)**

Fungsi : Membentuk kristal asam sitrat dari asam sitrat pekat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

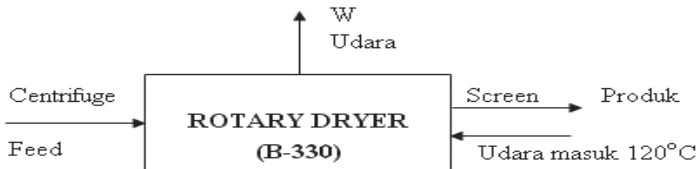
Neraca Panas Crystalizer (X-320)					
Masuk			Keluar		
<i>a. Dari Evaporator (V-310)</i>			<i>a. Ke Acidulation Tank (R-230)</i>		
$H_{in}$	666554.83	kkal	$H_{out}$	79188.27	kkal
$(-\Delta H_{kristalisasi})$	408132.77	kkal	$Q_{cooling\ water}$	995499.33	kkal
Total	1074687.60	kkal	Total	1074687.60	Kkal

## 20. ROTARY DRYER (B-330)

Fungsi : Mengeringkan kristal asam sitrat

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Panas Rotary Dryer (B-330)					
Masuk			Keluar		
<i>Dari Centrifuge (H-322)</i>			<i>Ke Screen (H-335)</i>		
$H_{in}$	17572.34	kkal	$H_{out}$	55549.43	kkal
H Udara masuk	723169.98	kkal	H Udara keluar	649034.39	kkal
			$Q_{loss}$	36158.50	kkal
Total	740742.32	kkal	Total	740742.32	Kkal

## *Laporan Tugas Akhir*

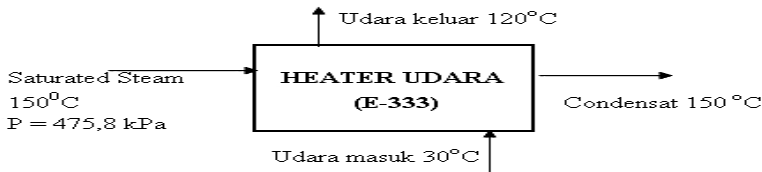
*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## 21. HEATER UDARA PENGERING (E-333)

Fungsi : Memanaskan udara pengering yang masuk kedalam rotary dryer

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C



Neraca Panas Heater Udara Pengering (E-333)					
Masuk			Keluar		
Dari Udara			a. Ke Acidulation Tank (R-230)		
H <sub>in</sub>	348555.9	kkal	H <sub>out</sub>	723170.0	kkal
(Q <sub>steam</sub> )	394330.6	kkal	Q <sub>loss</sub>	19716.5	kkal
Total	742886.5	kkal	Total	742886.5	kkal

## 22. BLOWER (G-332)

Fungsi : Menyuplai udara pengering ke dalam rotary dryer

Tekanan : 1 Atm

Suhu : 30<sup>0</sup> C

Neraca Panas Blower (G-332)					
Masuk			Keluar		
Dari Udara			Ke Heater Udara (E-333)		
H <sub>in</sub>	348555.95	kkal	H <sub>out</sub>	348555.95	kkal
W <sub>masuk</sub>	4442.61	kkal	W <sub>keluar</sub>	3554.09	kkal
		kkal	W <sub>loss</sub>	888.52	kkal
Total	352998.56	kkal	Total	352998.56	kkal

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

*Laporan Tugas Akhir*

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## **BAB V SPESIFIKASI ALAT**

### **1. PRECIPITATION TANK (R-220)**

Nama	:	Precipitation Tank I
Kode alat	:	R-220B
Kapasitas	:	4061.56
Bentuk	:	Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk torispherical dished head.

#### Dimensi tangki :

Diameter silinder	:	192
Tinggi silinder	:	192
Tinggi tutup atas	:	35
Tinggi tutup bawah	:	35
Tinggi total tangki	:	262
Tebal silinder	:	5/16
Tebal tutup atas	:	7/16
Tebal tutup bawah	:	7/16
Jenis las	:	Double welded butt joint
Bahan konstruksi	:	stainless steel, SA-240 grade 316L
Jumlah	:	1 buah

#### Pengaduk :

Jenis pengaduk	:	six flat blade disc turbine
Jumlah impeller	:	2 buah

#### Dimensi pengaduk :

Diameter pengaduk	:	64 in
-------------------	---	-------

***Laporan Tugas Akhir*** V-1

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*



## ***Bab V SPESIFIKASI ALAT***

Panjang blade, L	:	16 in
Lebar blade, W	:	16 in
Kecepatan putar	:	30 rpm
Daya motor	:	15 hp

### **2. SLAKER (M-227)**

Nama	:	Slaker ( $\text{Ca(OH)}_2$ )
Kode alat	:	M-227
Kapasitas	:	1598.381
Bentuk	:	Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk torispherical dished.

#### Dimensi tangki :

Diameter silinder	:	144
Tinggi silinder	:	144
Tinggi tutup atas	:	26.697
Tinggi tutup bawah	:	26.697
Tinggi total tangki	:	197
Tebal silinder	:	1/4
Tebal tutup atas	:	5/16
Tebal tutup bawah	:	5/16
Jenis las	:	Double welded butt joint
Bahan konstruksi	:	Stainless steel, SA-240
Jumlah	:	grade M tipe 316
	:	1 buah

#### Dimensi pengaduk :

Diameter pengaduk	:
-------------------	---

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab V SPEKSIKASI ALAT**

---

		48
Panjang blade, L	:	9.6
Lebar blade, W	:	12
Kecepatan putar	:	50
Daya motor	:	17
Jenis pengaduk	:	six flat blade disc turbine
Jumlah impeller	:	1 buah

**3. Pompa Tangki Penampung ilter Press (L-221C)**

Fungsi : Untuk memompa bahan dari filter press II ke precipitation tank I

Type : Centrifugal pump

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon Steel SA 243 Grade D

---

***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

---

## **BAB VI UTILITAS**

Untuk suatu pabrik, utilitas merupakan bagian atau penunjang dari proses utama yang ada dalam pabrik tersebut. Yang termasuk utilitas dalam pabrik asam sitrat adalah sebagai berikut:

1. Air  
Air dalam pabrik asam sitrat digunakan sebagai air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler.
2. Steam  
Steam yang dipakai dalam proses ini digunakan untuk pemanasan dan juga untuk pembangkit tenaga (steam generator).
3. Listrik  
Listrik dalam pabrik melamin digunakan untuk penerangan maupun untuk sumber tenaga penggerak peralatan proses.
4. Bahan bakar

### **VI.1. Unit Penyediaan Air**

Jika dilihat dari unit pengolahan air, sebagian besar bahan yang digunakan adalah air. Dalam pabrik Melamin ini air yang digunakan adalah air sungai. Oleh karena itu sebelum mengalami proses “*water treatment*” yang lebih lanjut, air sungai perlu disaring terlebih dahulu dengan menggunakan “*strainer*” untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang bersifat makro maupun mikro sebelum masuk ke bak penampungan.

Air didalam bak penampung kemudian diolah lebih lanjut sesuai dengan keperluan pemakainya. Untuk menghemat pemakaian air sebaiknya kalau memungkinkan dilakukan sirkulasi atau “*recycle*”.

Kebutuhan air dalam pabrik ini meliputi antara lain:

1. Air sanitasi
2. Air proses
3. Air umpan boiler
4. Air pendingin

Keterangan :

**a. Air Sanitasi**

Air untuk keperluan sanitasi yaitu untuk memasak, mandi, mencuci, dan lain – lain.

Adapun syarat – syarat air sanitasi yaitu :

1. Syarat fisik
2. Syarat kimia
3. Syarat biologi

**1. Syarat Fisik**

Yang dimaksud dengan syarat fisik yaitu :

- a. Suhu air dibawah suhu udara
- b. Tidak berwarna
- c. Tidak berasa
- d. Tidak berbau
- e. Kekeruhan atau turbidity 1 ppm (1 mg/liter)

**2. Syarat Kimia**

Syarat – syarat kimia meliputi :

- a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- b. Tidak beracun

**3. Syarat Biologi**

Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri pathogen.

Direncanakan untuk memenuhi kebutuhan akan air digunakan air dari PDAM sehingga tidak memerlukan pengolahan khusus, karena dianggap sudah memenuhi standart.

Air ini untuk keperluan karyawan, laboratorium, taman dan lain – lain. Direncanakan karyawan berjumlah 170 orang dimana satu orang karyawan membutuhkan 120 liter/hari (*standart WHO*). Jam kerja untuk karyawan adalah 8 jam, sehingga pemakaian air sanitasi untuk karyawan adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{170}{3} \times 120 \frac{\text{liter}}{\text{hari}} \\ &= 6800 \frac{\text{liter}}{\text{hari}} \\ &= 283,3333 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \approx 280 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel VI.1. Kebutuhan Air Sanitasi

No	Keperluan	Kg/jam
1	Karyawan	280
2	Laboratorium (50 % kebutuhan karyawan)	140
3	Kebersihan (40 % kebutuhan karyawan)	112
4	Taman (10 % kebutuhan karyawan)	28
5	Cadangan (40 % kebutuhan karyawan)	112
<b>Total</b>		<b>672</b>

#### **b. Air Pendingin**

Air pendingin digunakan pada alat cooler, seed tank, fermentor, Precepitation tank I, acidulation, Crystallizer:

#### **Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

Tabel VI.2. Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama alat	Jumlah (kg/jam)
1	Cooler	326794,3
2	Seed tank	3243,31
3	Fermentor	2245298
4	Precipitation Tank I	84480,62
5	Acidulation Tank	658028.1
6	Crystalizer	25171.6
<b>Total</b>		<b>3343195.93</b>

**c. Air Pemanas (steam)**

Air yang digunakan untuk menghasilkan steam didalam boiler disebut juga air umpan boiler. Air pemanas digunakan pada alat – alat sebagai berikut :

Tabel VI.3. Kebutuhan Steam

No	Nama alat	Jumlah (kg/jam)
1	Heater	350694,6
2	Heater Air Proses	635,07
3	Heater Udara Kering	356,51688
<b>Total</b>		<b>351686,1869</b>

Tabel VI.4. Total Air yang harus Disuplai

No	Nama alat	Jumlah (kg/jam)
1	Air pengencer Tetes	3317,78
2	Air pencuci	5,105
3	Air pencuci RVF I	2,93
4	Air Proses Slaker $\text{Ca(OH)}_2$	2262,832
5	Air pencuci RVF II	29,599

*Laporan Tugas Akhir*

6	Air pengencer tangki $H_2SO_4$	2582,044
7	Air pencuci RVF III	136,370
8	Air pencuci RVF IV	2,139
<b>Total</b>		<b>8338,799</b>

Karena diperkirakan ada kebocoran maka jumlah air yang harus disediakan 20 % lebih besar dari kebutuhan normal :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= (20 \% \times 8338,799) + 8338,799 \\ &= 8505,57 \text{ kg/jam.}\end{aligned}$$

### **VI.1.7. PENGOLAHAN AIR**

Untuk pengolahan air meliputi :

- Penyaringan kotoran
- Penambahan bahan kimia
- Pengendapan
- Filtrasi
- Pelunakan air untuk mengurangi kesadahan
- Penambahan desinfektan ( untuk air sanitasi )

#### **Penyaringan kotoran**

Air yang digunakan dari sungai, sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (strainer) untuk mengurangi kotoran yang berukuran besar seperti sampah plastik, daun atau ranting, dan sampah lain. Setelah itu air akan dialirkan ke pengolahan berikutnya yaitu proses koagulasi dan flokulasi.

#### **Penambahan bahan kimia**

Pada bak flokulator disertai dengan pengadukan cepat ( 80 – 100 rpm ) dan penambahan tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ) yang berfungsi sebagai koagulan. Tujuan pemberian tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar

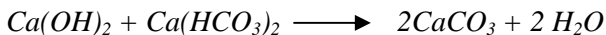
*Laporan Tugas Akhir*

mengendap sehingga waktu pengendapan jadi lebih cepat. Dengan adanya penambahan tawas tersebut diharapkan kotoran-kotoran yang masih terdapat dalam air dapat digumpalkan untuk kemudian diendapkan secara gravitasi.

Reaksi yang terjadi, yaitu :



Setelah terbentuk gumpalan – gumpalan, air dialirkan ke bagian bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5-8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur ( $Ca(OH)_2$ ). Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok – flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat melalui reaksi berikut :



Penambahan  $Ca(OH)_2$  juga digunakan untuk mengkondisikan pH air tetap dalam keadaan netral, sebab dengan adanya penambahan tawas akan menyebabkan pH air menjadi turun, sehingga perlu ditambahkan dengan  $Ca(OH)_2$  agar pH air menjadi tetap netral.

## **Pengendapan**

Selanjutnya, air dari bak penambahan bahan kimia dialirkan secara overflow ke clarifier yang bekerja berdasarkan gaya gravitasi, agar flok – flok yang terbentuk tidak rusak. Di clarifier ini air diberi kesempatan untuk mengendap sebaik mungkin. Air jernih dari bagian atas ditampung dalam bak penampung sementara, kemudian dipompa ke sand filter yang berfungsi menangkap partikel – partikel kecil yang tidak dapat diendapkan. Filter yang digunakan adalah anthracite coal. Keuntungan menggunakan anthracite dibanding pasir adalah

*Laporan Tugas Akhir*



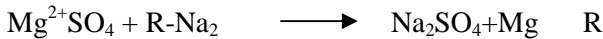
karena mempunyai berat jenis yang lebih kecil (s.g. 1.5 pasir, 2.65) bentuknya yang tidak beraturan serta luas permukaan dari butir-butir runcing persatuan volume lebih besar dari luas permukaan pasir yang lebih bulat, hal ini membuat penangkapan flok yang lebih baik. Air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit sebagai pembunuh kuman. Untuk air pendingin dan air proses dapat langsung digunakan, sedangkan untuk air umpan boiler dilakukan softening pada kation exchanger.

### Softening

Ion exchanger terdiri dari kation dan anion exchanger, ion positif seperti  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  diganti dengan ion  $Na^+$  dari resin kation (RNa), sedangkan pada anion exchanger ion negatif seperti  $Cl^-$  diikat oleh resin basa kuat (ROH). Untuk air umpan boiler hanya memerlukan kation exchanger, karena yang perlu hilang dari umpan boiler adalah ion  $Ca^{2+}$  dan ion  $Mg^{2+}$  yang merupakan penyebab kesadahan dan akan menimbulkan kerak pada ketel.

Unit ini dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin dengan menambahkan larutan NaCl 10% kedalam kation exchanger. Reaksi yang terjadi pada proses softening, antara lain :

Kation exchanger :



### *Laporan Tugas Akhir*

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## ***Bab VI UTILITAS***

---

Resin akan jenuh setelah bekerja selama 36 jam yang ditunjukkan dengan kenaikan konduktifitas anion, penurunan FMA (Free Mineral Acid), kenaikan pH, total hardness > 0, untuk itu diperluakn regenerasi yaitu denagn menggunakan NaCl 10%.

Reaksi yang terjadi pada proses regenerasi :

Ca

Ca

Mg       $R+2NaCl \longrightarrow Na_2-R + Mg \quad Cl_2$

Fe

Fe

---

***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

## **BAB VII**

### **KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah keselamatan yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan dan proses pengolahannya, tempat kerja dan lingkungannya. K3 merupakan suatu bentuk upaya atau pemikiran yang bertujuan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya untuk meningkatkan kesejahteraan (kualitas hidup) tenaga kerja menuju masyarakat adil dan makmur.

#### **VII.1 Tujuan K3**

Tujuan dari K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) antara lain :

1. Melindungi tenaga kerja atas haknya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi, serta produktivitas nasional.
2. Menjamin keselamatan setiap orang lain yang berada di lingkungan kerja.
3. Memelihara sumber produksi dan menggunakan aman dan efisien.

#### **VII.2 Penyebab dan Akibat Kecelakaan Kerja**

- Bahaya / Kecelakaan kerja yang mungkin terjadi dilingkungan kerja pabrik Asam Sitrat yaitu :

1. Bahaya Kebakaran

Penyebab terjadinya kebakaran antara lain :

- Aliran pendek arus listrik
- Penggunaan / penyalaan api di area pabrik, misal : merokok

- Penggunaan alat-alat yang menghasilkan percikan api seperti alat las di area bebas api/percikan api
- Tata ruangan yang buruk
- Pengoperasian mesin yang salah
- Maintenance yang buruk

## 2. Ledakan

Ledakan pada alat – alat industri disebabkan oleh :

- Design alat yang salah/kurang tepat
- Pengoperasian peralatan yang tidak tepat.

Ledakan pada alat – alat industri umumnya terjadi pada reaktor yang bertekanan tinggi. Pengoperasian alat yang melebihi batas maksimum tekanan yang diijinkan dapat mengakibatkan ledakan. Beberapa reaktor dan alat bertekanan tinggi yang digunakan pada pabrik etanol :

- Reaktor Hidrolisa
- Fermentor pada unit Fermentasi
- Boiler

### ▪ Kecelakaan kerja pada pabrik asam sitrat dapat berakibat :

1. Proses produksi berhenti
2. Kerugian material yang besar pada industri
3. Keselamatan dan kesehatan karyawan dan masyarakat sekitar pabrik terancam.
4. Pencemaran lingkungan

## **VII.3 Usaha-usaha Kesehatan dan Keselamatan Pabrik**

Bahaya lingkungan kerja baik bahaya fisik maupun bahaya kimiawi perlu dikendalikan dengan cara sebagai berikut :

- A. Pengendalian secara teknik (*Mechanical/Engineering Control*)
- B. Pengendalian secara administratif (*Administrative Control*)
- C. Alat pelindung diri (*Personal Protective Equipment*)

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Submerged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

---

## **A. Pengendalian secara teknik (*Mechanical/Engineering Control*)**

Beberapa pengendalian secara teknik dari K3 Pabrik Asam Sitrat adalah sebagai berikut :

### **1. Tangki**

- Pemilihan material dengan *corrosion allowable* yang tepat (disesuaikan dengan kondisi operasi).
- Pemasangan *manhole* dan *hade hole* untuk inspeksi dan maintenance.
- Pemasangan level gauge pada tangki penutup.
- Pemasangan *pressure receiving device* untuk tangki bertekanan.
- Pemasangan tangga yang dilengkapi pegangan, man hole dan hand hole untuk inspeksi dan maintenance.
- Atmosperic storage tank dilengkapi dengan ventilasi.
- Sirkulasi udara harus baik.
- Pemasangan tanda bahaya disekitar tangki.

### **2. Perpipaan**

- Untuk mempermudah identifikasi kebocoran pipa, maka perpipaan diletakkan di atas tanah.
- Susunan valve dan perpipaan diatur dengan baik sehingga sangat membantu safety dan diatur sedemikian rupa supaya transportasi tidak terganggu.
- Pada perpipaan diberi warna yang berbeda, fluida panas pipa berwarna merah, sedangkan untuk fluida dingin menggunakan pipa berwarna biru.
- Pipa steam dilosped dan dipasang block valve sehingga steam bisa didatangkan dari berbagai arah seandainya terjadi kerusakan pada pipa steam.
- Dipasang *fire stop* pada semua sistem pengeluaran untuk mencegah penyebaran kebakaran.
- Dipasang isolasi yang baik untuk pipa steam dan pipa air panas untuk menghindari bahaya kebakaran kulit

---

## **Laporan Tugas Akhir**

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

apabila tersentuh oleh karyawan atau petugas dan selain untuk mencegah panas yang hilang.

- Sambungan dipasang dan dikontrol dengan baik.

### 3. Reaktor

- Pada daerah di sekitar reactor dipasang rambu peringatan tentang daerah bahaya.
- Pekerja pada bagian reactor diharuskan menggunakan sarung tangan dan *safety helmet*.
- Setelah diadakan pembersihan reactor harus dites tekanan dan temperature untuk mencegah *over stressing*.
- Pemasangan tangga dan ada pegangannya untuk mempermudah dalam pengontrolan fermentor.

## **B. Pengendalian secara administratif (*Administrative Control*)**

Usaha – usaha K-3 yang dilakukan pada Pabrik Asam Sitrat antara lain :

- Pelatihan dan pemberian informasi tentang K-3 pada pekerja
- Good Housekeeping (Pemeliharaan kebersihan dan kerapian tempat kerja).
- Penyediaan alat – alat K3 (alat – alat pelindung diri) yang memadai.
- Penyediaan sarana kesehatan bagi karyawan seperti poliklinik pabrik.
- Pemasangan petunjuk / informasi tentang K3 yang harus dilakukan oleh setiap orang yang berada dikawasan pabrik, misalnya petunjuk pemakaian penutup telinga pada daerah bising, dll.

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

- Pemberian sanksi pada pekerja yang tidak melaksanakan K3.

Usaha – Usaha Keselamatan Pabrik yang dilakukan pada Pabrik Asam Sitrat :

- Perencanaan dan pengaturan tata ruang pabrik yang tepat.
- Pengenalan MSDS bahan yang digunakan dan diproduksi pada pabrik asam sitrat.
- Penyediaan sistem tanda kebakaran / bahaya (alarm) dalam pabrik.
- Pemberian kode-kode bahaya pada setiap peralatan di pabrik seperti kode tangki bertekanan tinggi, tangki penyimpan bahan kimia berbahaya, dan lain sebagainya.
- Penyediaan ventilasi udara yang baik.
- Penyediaan jalan darurat untuk evakuasi pekerja pabrik.
- Pemasangan alat pelacakan atau peringatan dini seperti detektor asap, detektor gas.
- Penyediaan alat pemadam kebakaran serta unit pemadam kebakaran yang memadai.
- Pengawasan/pengontrolan alat, dan proses produksi secara kontinyu.
- Pelaksanaan Maintenance secara proactive dan kontinyu.
- Penanganan secara khusus alat – alat yang beresiko menyebabkan kecelakaan kerja seperti isolasi pada pipa steam, pengecatan pipa sesuai dengan sifat/karakteristik bahan, dan lain-lain.

### **C. Alat pelindung diri (*Personal Protective Equipment*)**

Alat pelindung diri perlu dipilih agar dapat memenuhi beberapa ketentuan yaitu:

- Harus dapat memberikan perlindungan terhadap bahaya yang spesifik oleh pekerja.
- Beratnya harus ringan mungkin.
- Harus dapat dipakai secara fleksibel.

### ***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

- Bentuknya harus cukup menarik.
- Tidak mudah rusak.
- Tidak menimbulkan bahaya-bahaya tambahan bagi pemakainya.
- Harus memenuhi ketentuan dari standar yang telah ada.
- Tidak terlalu membatasi gerakan dan persepsi sensoris pemakainya.
- Suku cadangnya harus mudah diperoleh sehingga pemeliharaan alat pelindung diri dapat dilakukan dengan mudah.

Alat pelindung untuk mencegah kecelakaan kerja pada pabrik asam sitrat antara lain:

UNIT	AREA	ALAT PELINDUNG
PENGOLAHAN AWAL	Tangki penampung Tetes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite)</li> <li>● Alat pelindung pernafasan “Masker Filter”</li> </ul>
	Tangki penampung $H_2SO_4$	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung kepala</li> <li>● Alat pelindung mata</li> <li>● Alat pelindung kaki “Sepatu karet” dan sarung tangan</li> <li>● Masker Filter</li> </ul>
	Tangki Antifoam	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung</li> </ul>

### ***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*



		kepala atau Safety Helm <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung pernafasan “masker”</li> <li>• Alat pelindung kaki ”sepatu boot”</li> </ul>
UNIT	AREA	ALAT PELINDUNG
PENGOLAHAN AWAL	Tangki Hidrolisa dan Sterilisasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung tangan “sarung tangan karet” (<i>Natural rubber</i>)</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki (sepatu boot)</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Cooler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan kulit”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Seed Tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan karet”</li> </ul>

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Tangki Penampung Nutrient	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm</li> <li>• Sepatu boot</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
<b>UNIT</b>	<b>AREA</b>	<b>ALAT PELINDUNG</b>
FERMENTASI	Tangki Fermentor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung pernafasan “masker gas”</li> </ul>
PENGOLAHAN SELANJUTNYA	Filter Press	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan kulit”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Precipitation Tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung tangan “sarung tangan karet” (Natural rubber)</li> </ul>

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki (sepatu boot)</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
--	--	--

UNIT	AREA	ALAT PELINDUNG
PENGOLAHAN SELANJUTNYA	Acidulation Tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung pernafasan “masker filter”</li> </ul>
	Decolorizer Tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan kulit”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Tangki Penampung Karbon Aktif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung tangan “sarung tangan karet”</li> </ul>

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

		<i>(Natural rubber)</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki (sepatu boot)</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
--	--	--

UNIT	AREA	ALAT PELINDUNG
PENGOLAHAN SELANJUTNYA	Mixer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung pernafasan “masker filter”</li> </ul>
	Evaporator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>• Alat pelindung tangan “Sarung tangan kulit”</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
	Cristallizer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung</li> </ul>

---

**Laporan Tugas Akhir**


---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

	Cristallizer	<p>tangan “sarung tangan karet” (<i>Natural rubber</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>● Alat pelindung kaki (sepatu boot)</li> <li>● Masker filter</li> </ul>
--	--------------	--

UNIT	AREA	ALAT PELINDUNG
PENGOLAHAN SELANJUTNYA	Sentrifuge	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>● Alat pelindung tangan “Sarung tangan karet”</li> <li>● Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>● Alat pelindung pernafasan “masker filter”</li> </ul>
	Rotary Dryer	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pelindung kepala atau Safety Helm (Bakelite)</li> <li>● Alat pelindung tangan “Sarung tangan kulit”</li> <li>● Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>● Masker filter</li> </ul>

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

	Screen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pelindung tangan “sarung tangan karet” (<i>Natural rubber</i>)</li> <li>• Alat pelindung kaki “Sepatu karet”</li> <li>• Alat pelindung kaki (sepatu boot)</li> <li>• Masker filter</li> </ul>
--	--------	---

#### D. Keselamatan pabrik pada peralatan industri

Beberapa usaha dalam menjaga keselamatan pabrik yang dilakukan pada peralatan pabrik asam sitrat antara lain:

UNIT	ALAT	KESELAMATAN
PENGOLAHAN	Alat Transportasi bahan (TKKS), antara lain : Belt Conveyor, Bucket Elevator	Dilengkapi dengan penutup sehingga tidak ada debu yang beterbangan serta menghindari masuknya kotoran
	Reaktor	Dilengkapi dengan penutup, dilengkapi pagar pembatas untuk keselamatan pekerja
	Filter press	Dilengkapi dengan pagar pengaman
	Tangki Hidrolisa	Dilengkapi dengan isolator panas
	Cooler dan heater	Dilengkapi dengan

*Laporan Tugas Akhir*

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

		valve
	Rotary Dryer	Dilengkapi dengan isolator panas terutama pada bagian heater udara
	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Dilengkapi dengan valve pengaman otomatis

UNIT	ALAT	KESELAMATAN
FERMENTASI	Tangki Fermentasi	Dijaga kemungkinan terjadinya kebocoran gas CO <sub>2</sub> (timbulnya gas CO <sub>2</sub> pada proses fermentasi), dilengkapi Exhaust agar gas CO <sub>2</sub> agar dapat ke luar
PENGOLAHAN	Mixer	Dilengkapi dengan pagar dan valve pengaman
	Evaporator	Dilengkapi dengan pagar dan valve pengaman
	Crystallizer	Dilengkapi dengan pagar dan valve pengaman
	Centrifuge	Dilengkapi dengan pagar dan valve pengaman

***Laporan Tugas Akhir***

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

	Screen	Dilengkapi dengan pagar dan valve pengaman
--	--------	--

UNIT	ALAT	KESELAMATAN
UTILITAS	Instalasi Listrik	Dilengkapi dengan alat pengaman listrik otomatis, instalasi listrik dihubungkan ke tanah, dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran
	Sistem Perpipaan	Dilengkapi isolasi panas untuk pipa steam, pengecatan pipa saluran dengan warna yang mudah dibedakan serta dapat menunjukkan karakteristik/sifat dari bahan yang ditransportasikan.

---

**Laporan Tugas Akhir**


---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
 Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*



---

## **BAB VIII INSTRUMENTASI**

Instrumentasi merupakan fungsi pendukung dari jalannya suatu proses, yang mengawasi dan mengendalikan suatu kondisi operasi sesuai dengan variabel proses yang diinginkan . Fungsi instrumentasi adalah untuk mengetahui kondisi operasi yang sedang berlangsung dan untuk mengetahui serta mengatur variabel proses baik secara manual maupun secara otomatis, untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya.

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi adalah :

1. Menjaga suatu proses instrumentasi agar dapat tetap aman, yaitu dengan cara :
  - a. Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin dan membuat tanda – tanda bahaya secara interlock otomatis jika kondisi kritis muncul.
  - b. Menjaga variabel – variabel proses berada pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin untuk tetap memperhatikan faktor – faktor kimianya atau efisiensi kerja.
4. Menjaga kualitas dari produk agar tetap berada dalam standart yang telah ditetapkan.

Type-type alat pengontrol terdiri dari :

1. Indikator : sebagai alat penunjuk
2. Recorder : sebagai alat pencatat
3. Controller : sebagai alat pengontrol variabel proses.

Alat-alat kontrol yang banyak digunakan dalam pabrik etanol antara lain :

1. Pengatur suhu :
  - a. “Temperatur Indikator” ( TI )

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.  
Jenis temperatur indikator antara lain : termometer , termokopel
  - b. “Temperatur Kontrol” ( TC )

Fungsi : mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
3. Pengaturan Tekanan (“pressure”)
  - a. “Pressure Indikator” ( PI )

Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.  
Jenis pressure indikator antara lain : pressure gauge
  - b. “Pressure Controlller” ( PC )

Fungsi : mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
4. Pengatur aliran (“flow”)
  - a. “Flow Controller” ( FC )

Fungsi : Menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis flow controller yaitu Control valve
5. Pengaturan tinggi permukaan (“level”) :
  - a. “Level indicator” ( LI )

Fungsi : menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan.
  - b. “Level Indicator Control” ( LIC )

Sebagai alat penunjukkan untuk mengetahui ketinggian operasi dan untuk mengendalikan atau mengatur level operasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

**Bab VIII INSTRUMENTASI**

Berikut ini macam – macam instrumentasi yang digunakan pada pabrik bioetanol :

ALAT	SISTEM INSTRUMENTASI	FUNGSI
Tangki Hidrolisa	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Temperatur Controller (TC)</li><li>■ Pressure Cotroller</li><li>■ Level Indikator</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Mengontrol suhu dari tangki hidrolisa dengan cara mengatur flow rate dari steam yang masuk.</li><li>■ Mengontrol tekanan dari tangki hidrolisa</li><li>■ Menunjukkan ketinggian dari bahan yang masuk ke dalam tangki hidrolisa</li></ul>
Tangki Penampung	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Level Indikator</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Menunjukkan ketinggian asam sulfat dalam tangki penampung</li></ul>
Pipa $H_2SO_4$	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Flow Controller</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Mengatur banyaknya asam sulfat yang ditambahkan pada tangki pre hidrolisis</li></ul>
Cooler	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Temperatur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Mengatur suhu</li></ul>

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

	Controller	bahan yang akan masuk kedalam RVF
ALAT	SISTEM INSTRUMENTASI	FUNGSI
Heater	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperatur Contoller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mengontrol temperatur proses, sehingga sesuai dengan kondisi temperatur yang diinginkan</li> </ul>
Tangki Precipitasi dan Asidulasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperatur Contoller</li> <li>■ Pressure Indikator</li> <li>■ Level Indikator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mengontrol suhu dari tangki sterilisasi dengan cara mengatur flow rate dari steam yang masuk.</li> <li>■ Menunjukkan tekanan operasi tangki sterilisasi</li> <li>■ Menunjukkan ketinggian dari bahan yang masuk ke dalam tangki Sterilisasi</li> </ul>
Tangki Stater dan Tangki Fermentor	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperatur controller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mengontrol suhu pada tangki fermentasi dengan cara mengatur flow rate dari air</li> </ul>

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

**Bab VIII INSTRUMENTASI**

		pendingin yang masuk.
--	--	-----------------------

ALAT	SISTEM INSTRUMENTASI	FUNGSI
Tangki Decolorizer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pressure Indikator</li> <li>■ Level Indikator</li> <li>■ Flow gas Indikator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Menunjukkan tekanan dalam tangki fermentasi</li> <li>■ Menunjukkan ketinggian larutan dalam tangki Sterilisasi</li> <li>■ Menunjukkan kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> yang keluar dari tangki fermentasi</li> </ul>
Tangki penampung yeast, nutrient	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Level Indikator</li> <li>■ Flow Controller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Menunjukkan ketinggian bahan dalam tangki penampung</li> <li>■ Mengatur banyaknya bahan yang ditambahkan pada tangki sterilisasi</li> </ul>
Tangki penampung antifoam	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Level Indikator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Menunjukkan ketinggian bahan dalam tangki penampung</li> </ul>

**Laporan Tugas Akhir**

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flow Controller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mengatur banyaknya bahan yang ditambahkan pada tangki fermentasi</li> </ul>
ALAT	SISTEM INSTRUMENTASI	FUNGSI
Rotary dryer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur Controller</li> <li>• Pressure Control</li> <li>• Pressure Indikator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengontrol temperatur</li> <li>• Mengontrol tekanan dalam rotary dryer</li> <li>• Menunjukkan tekanan dalam rotary dryer</li> </ul>
Tangki penampung produk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Level Indikator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menunjukkan ketinggian produk dalam tangki</li> </ul>

## BAB IX

### PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Dalam proses pabrik asam sitrat dari molasses dengan proses submerged fermentation, limbah yang dihasilkan akibat proses produksi, ada tiga macam, yaitu :

1. Limbah padat  
Limbah padat ini berupa cake yang berasal dari proses filtrasi pada proses filtrasi pada rotary vacuum filter. Cake tersebut terdiri dari biomassa, antifoam, impurities,  $\text{CaSO}_4$ , dan kalsium oksalat.
2. Limbah cair  
Limbah cair pada pabrik asam sitrat ini berasal dari proses pencucian filter. Selain itu, limbah cair ini dapat berupa limbah yang nonpolutan misalnya air kondensat yang berasal dari Heater dan air pendingin dari cooler.
3. Limbah Gas  
Limbah gas berasal dari hasil samping reaksi fermentasi, yaitu gas  $\text{CO}_2$ .

Proses pengolahan limbah yang dilakukan pada pabrik asam sitrat antara lain :

1. Limbah Padat  
Cake yang terbentuk pada proses pemurnian di pabrik asam sitrat tidak dapat langsung dibuang ke badan air. Hal ini dapat menyebabkan sungai tercemar karena dengan adanya cake yang dibuang langsung ke air dapat mengganggu aktivitas bakteri. Hal ini disebabkan karena limbah tersebut dapat mengurangi DO (Dissolved Oksigen) pada sungai sehingga bakteri tidak dapat menguraikan limbah lagi dan akibatnya air sungai menjadi keruh dan berbau.  
Pengolahan yang dilakukan terhadap limbah padat yang terbentuk yaitu :

- a. Menampung limbah yang terbentuk pada tanki penampung yang telah disediakan.
- b.  $\text{CaSO}_4$  yang dibentuk dengan kadar 98 % dapat dijual karena dapat digunakan sebagai bahan pembuatan semen retarder maupun untuk campuran pembuatan ammonium sulfat.

Adapun sifat dari  $\text{CaSO}_4$  adalah :

Kelarutan : 0.92 pada 100 gr  $\text{H}_2\text{O}$  (15  $^{\circ}\text{C}$ )

pH : 7

BM : 172.179

S.g. : 2.32

- c.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  yang terbentuk dapat dijual sebagai by produk karena kalsium oksalat dapat digunakan sebagai metal cleaner dan sebagai bleaching agent yang sangat diperlukan pada proses pembersihan lgam.

Adapun sifat dari  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  adalah :

Kelarutan : 5 pada 5  $^{\circ}\text{C}$  dan 45.5 pada 80  $^{\circ}\text{C}$

S.g. : 1.55 pada suhu 20  $^{\circ}\text{C}$

BM : 176.1

Boiling point :  $1200 \pm 30$

Jumlah ang dihasilkan : 8060.08 kg/hari.

- d. Biomassa dan enzim yang terbentuk dapat dikirim ke masyarakat atau ke produsen pembuatan pupuk tanaman. Karena cake ini dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk pembuatan pupuk tanaman.

Jumlah biomas yang dihasilkan : 19,349 kg/jam.

Jumlah cake yang dihasilkan : 8,6 kg/jam.

## 2. Limbah Cair

Limbah cair yang bersifat non-polutan seperti air condensat dapat direuse sengan mengalirkan ke cooling tower, untuk mengikat oksigen dari udara bebas sehingga dapat digunakan lagi sebagai air pendingin.

***Laporan Tugas Akhir***



Sedangkan untuk limbah cair yang bersifat polutan dapat dilakukan treatment terlebih dahulu sebelum dibuang. Pengolaha yang diakukan yaitu bertahap, yaitu meliputi pengolahan fisik, kimia dan biologi.

Proses yang dilakukan pertama kali dalam pengolahan limbah ini adalah :

- Pengendapan

Yaitu dengan mengalirkan limbah tersebut ke dalam suatu bak penampung. Proses yang terjadi dalam bak penampung adalah sedimentasi tanpa penambahan koagulan. Diharapkan dalam bak penampung terjadi pengendapan secara bertahap.

- Koagulasi dan flokulasi

Endapan yang terbentuk diambil dan dibakar, sedangkan limbah cairnya diteruskan ke tangki bertingkat yang jumlahnya lima buah. Pada tangki pertama dilakukan penambahan larutan kapur disertai pengadukan cepat. Selanjutnya pada tangki kedua dilakukan penambahn *druflok* sebagai flokulan disertai pengadukan lambat. Pada tangki ketiga, keempat, dan kelima limbah hanya dialirkan saja untuk membantu pengendapan hasil flokulasi. Sehingga diharapkan limbah setelah proses koagulasi dan flokulasi dapat langsung dibuang ke sungai atau dimanfaatkan kembali.

Tahap berikutnya adalah penanganan secara biologi, yaitu dengan menggunakan *mikroorganisme* dengan metode tahapan proses secara biologi, yaitu :

- Dalam bak penampung ditambahkan nutrisi bagi mikroorganisme yang berupa urea.
- Setelah dari bak penampung limbah dialirkan ke tangki klarifier. Disini limbah yang sudah teruraikan oleh mikroorganime akan dijernihkan dengan penambahan koagulan.

---

### ***Laporan Tugas Akhir***

---

*Pabrik Asam Sitrat dari Molases Dengan Menggunakan Proses  
Sub Merged Fermentasi Dengan Bakteri Aspergillus Niger*

- Selanjutnya limbah dan hasil dari proses koagulasi akan difilter dengan menggunakan silica gel. Hasil filtrasi selanjutnya ditampung dalam bak penampung dan dapat langsung dibuang ke alam (sungai)

### 3. Limbah Gas

Dari limbah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dalam proses fermentasi, gas buang langsung dikeluarkan ke udara bebas tanpa 'treatment' lebih lanjut karena jumlahnya sedikit dan kadarnya tidak berbahaya bagi lingkungan.

---

## **BAB X KESIMPULAN**

Pembuatan asam sitrat dari molases dengan menggunakan proses submerged fermentasi dapat disimpulkan dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik Asam Sitrat dari molases dengan Proses Fermentasi”, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas Produksi
  - a. 3787,87 kg/jam
  - b. 30.000 ton/tahun
- Operasi
  - a. Semi continue
  - b. 330 hari/tahun (24 jam/hari)
- Bahan baku  
Molases (tetes tebu) sebanyak 8.041,8 kg/jam
- Utilitas
  - a. Air sanitasi sebesar 672 m<sup>3</sup>/jam
  - b. Air pendingin sebesar 3.343.195,93 m<sup>3</sup> / hari
  - c. Air proses sebesar 8.338,79 m<sup>3</sup> / hari
  - d. Air umpan boiler sebesar 351.686,2 m<sup>3</sup> / hari

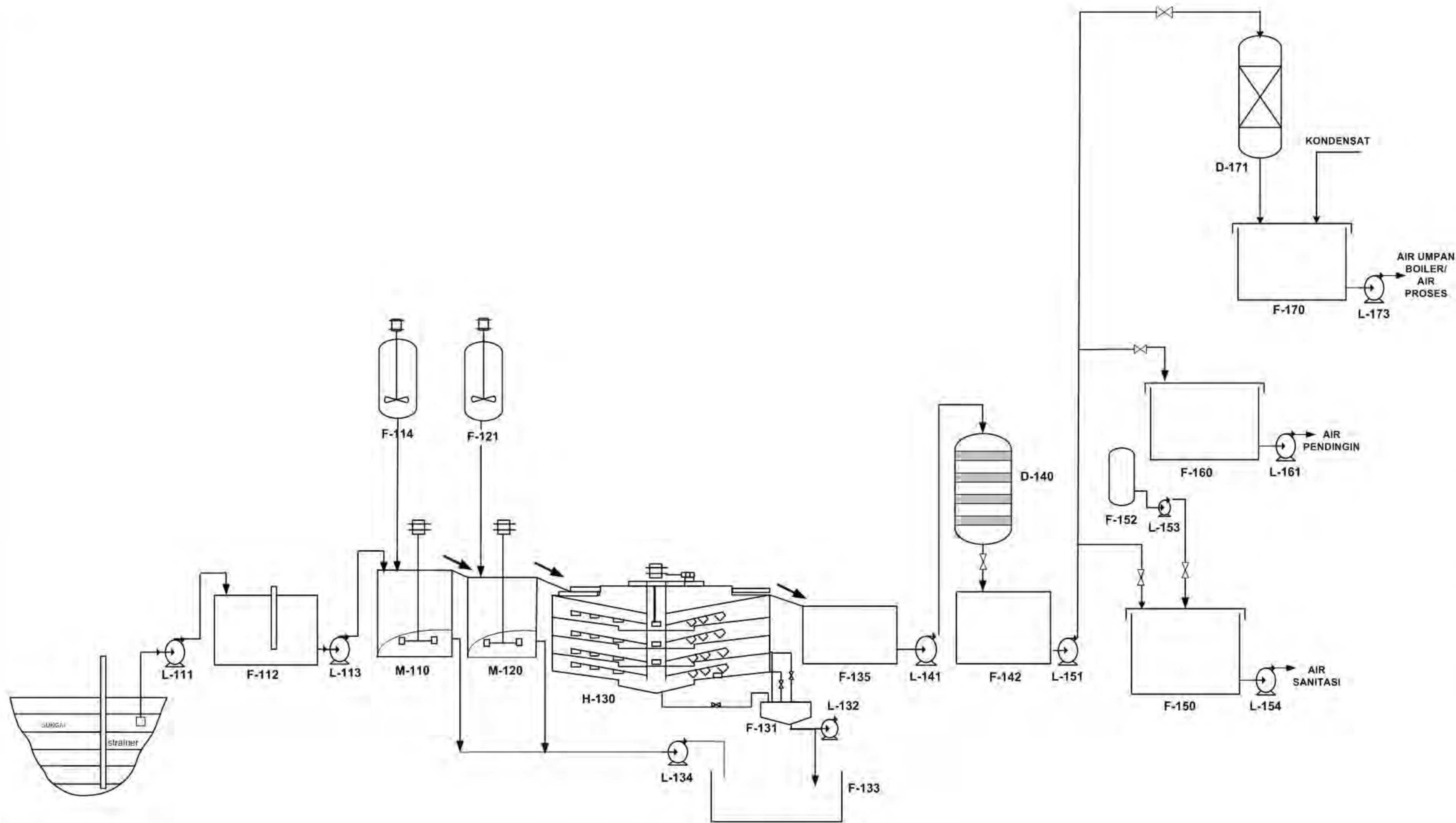
Limbah dari proses pembuatan asam sitrat ini berupa cake dari hasil filtrasi yang pertama yaitu CaSO<sub>4</sub> dan CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. cake kedua limbah tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuatan semen dan sebagai bleaching agent





KETERANGAN		
Aliran Proses		Aliran Proses
 CW	Cooling Water	 Nomor Aliran
 CTWR	Cooling Water Return	 Temperature ( C)
 WP	Water Proses	 Tekanan (atm)
 S	Steam	 Bahan Baku
 SC	Steam Condensat	 Produk
 WT	Waste Water Treatment	
DIGAMBAR OLEH :		DIPERIKSA OLEH :
1. ARIES SLAMET P. 2306 030 005		Ir. BUDI SETIAWAN MT.
2. SURYA RACHMADANI 2306 030 063		NIP. 130.652.208
FLOW SHEET		
PABRIK ASAM SITRAT DARI MOLASSES		
 <div> <p>JURUSAN D3 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p> </div>		





29	L-172	Pompa Keluar Air Proses/Umpa Boiler	1
27	D-171	Tangki Kation Exchanger	1
26	F-170	Bak Air Umpa Boiler / Air Proses	1
25	L-161	Pompa Keluar Air Pendingin	1
24	F-160	Bak Air Pendingin	1
23	L-154	Pompa Keluar Air Sanitasi	1
22	L-153	Pompa Desinfektan	1
21	F-152	Tangki Desinfektan	1
20	L-151	Pompa Feed Air Sanitasi	1
19	F-150	Bak Air Sanitasi	1
18	F-142	Bak Air Bersih	1
17	L-141	Pompa Feed Air Bersih	1
16	D-140	Sand Filter	1
15	F-135	Tangki Penampung	1
14	L-134	Pompa Tangki Penampung	1
13	F-133	Drying Bed	1
12	L-132	Pompa Feed Drying Bed	1
11	F-131	Bak Penampung Lumpur	1
10	H-130	Clarifier	1
8	F-121	Tangki Penampung $\text{Ca(OH)}_2$	1
7	M-120	Bak Floakulasi	1
5	F-114	Tangki Penampung Tawas	1
4	L-113	Pompa	1
3	F-112	Bak Penampung Air Sungai	1
2	L-111	Pompa Air Sungai	1
1	M-110	Bak Koagulasi	1
No.	Tag Nb.	Nama Alat	Jumlah
Digambar Oleh :			
Aries Slamet P (2306 030 005)			
Surya Rachmadani (2306 030 063)			
Diperiksa Oleh :			
Ir. Budi Setiawan, MT (131 602 045)			
FLOWSHEET UTILITAS			
PABRIK ASAM SITRAT DARI MOLASSES MENGGUNAKAN			
SUBMERGERED FERMENTATION DENGAN BAKTERI			
ASPERGILLUS NIGGER			
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA			
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
SURABAYA			

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, 2001, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, volume I.

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, “*Process Equipment Design*”, 1<sup>st</sup> U.S edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Geankoplis, Christie J., 1993, “*Transport Process and Unit Operation*”, 3<sup>rd</sup> edition, Prentice – Hall, Inc., New Jersey.

Hesse, H.C. and Rusthon, 1959, “*Process Equipment Design*”, D. Van Nostrand Company, Inc., Princenton, New Jersey.

Himmelblauw, David M., 1996, “*Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*”, Prentice – Hall International, Inc., USA.

Kent, James Albert, 1983, “*Riegel’s Handbook of Industrial Chemistry*”, 8<sup>th</sup> edition, Van Nostrand Reinhold Company Limited, England.

Kern, D.Q., 1983, “*Process Heat Transfer*”, International student edition, Mc Graw – Hill International Book Co., Tokyo.

Kirk, R.E. and Othmer, 1969, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 2<sup>nd</sup> edition, Intersciences publishers John Wiley and Sons, Inc., New York.

Lowenheim, Frederick A., and Moran, Margueriete K., 1975, “*Industrial Chemicals*”, 4<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Maron, Samuel H., and Jerome B. Lando, 1974, “*Fundamental of Physical Chemistry*”, Macmillan Co, Inc., USA.

McCabe, W.L., and Smith, J.C., 1983, “*Unit Operations of Chemical Engineering*”, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw – Hill Book Co., Japan.

Perry, Robert H., and Green, Don W., 1999, “*Perry’s Chemical Engineering Handbook*”, 7<sup>th</sup> edition, McGraw – Hill Co. Inc., United States.

Peters, Max S., and Timmerhaus Klaus D., 1991, “*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*”, 4<sup>th</sup> edition, McGraw – Hill Book Co., Singapore.

Sinnott, R.K., 2005, “*Coulson and Richardson’s Chemical Engineering Design*”, 4<sup>th</sup> edition, Elsevier, New York.

Smith, J.H., and Van Ness H.C., 1959, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 2<sup>nd</sup> edition, McGraw – Hill Co. Inc., New York.

Treybal, R.E., 1981, “*Mass Transfer Operations*”, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw – Hill International Book Co., Japan.

Ulrich, G.D., 1984, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*”, John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Vilbrandt, F.C., 1959, “*Chemical Engineering Plant Design*”, 4<sup>th</sup> edition, McGraw – Hill Kogakusha, Ltd., Japan.